

**Svitlana Khadzhynova, Stefan Jakucewicz
Katarzyna Piłczyńska**

DRUKOWANIE NATRYSKOWE (ink-jet)



**Monografie Politechniki Łódzkiej
Łódź 2017**

Svitlana Khadzhynova
Stefan Jakucewicz
Katarzyna Piłczyńska

Drukowanie natryskowe (ink-jet)

Monografie Politechniki Łódzkiej
Łódź 2017

Recenzenci:
prof. dr hab. inż. Włodzimierz Gogołek
prof. dr hab. inż. Svitlana Havenko

@ Copyright by Politechnika Łódzka 2017

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ
90-924 Łódź, ul. Wólczańska 223
tel. 42 631-20-87, 42 631-29-52
fax 42 631-25-38
e-mail: zamowienia@info.p.lodz.pl
www.wydawnictwa.p.lodz.pl

ISBN 978-83-7283-845-2

Nakład 200 egz. Ark druk. 13,5. Papier offset. 80 g 70 × 100
Druk ukończono w październiku 2017 r.
Wykonano w Drukarni Quick-Druk, 90-562 Łódź, ul. Łąkowa 11
Nr 2225

Spis treści

SKRÓTY DOTYCZĄCE FARB NATRYSKOWYCH	6
1. CHARAKTERYSTYKA TECHNIK DRUKOWANIA CYFROWEGO	7
2. ZASTOSOWANIE I PERSPEKTYWY ROZWOJU DRUKOWANIA NATRYSKOWEGO	15
3. ZASADA DRUKOWANIA NATRYSKOWEGO	19
3.1. Klasyfikacja metod drukowania natryskowego	19
3.2. Technologia ciągłego strumienia kropeł	20
3.2.1. Technologia ciągłego strumienia z selektywnym ładowaniem kropeł	21
3.2.2. Technologia ciągłego strumienia z selektywną termiczną aktywacją kropeł	23
3.2.3. Inne technologie ciągłego strumienia kropeł	25
3.3. Technologia kropli na żądanie	26
3.3.1. Technologia piezoelektryczna	27
3.3.1.1. Zasady technologii piezoelektrycznej	27
3.3.1.2. Efekt asymetrii w drukowaniu głowicami piezoelektrycznymi	31
3.3.1.3. Piezoelektryczne głowice drukujące nowej generacji	33
3.3.2. Termiczna technologia	37
3.3.2.1. Zasady technologii termicznej	37
3.3.2.2. Termiczne głowice drukujące nowej generacji	40
4. KONSTRUKCJA I PARAMETRY GŁOWIC DRUKUJĄCYCH	43
4.1. Głowice typu Scanning Head i Single Pass	43
4.2. Podstawowe parametry głowic drukujących	46
4.2.1. Wielkość kropli	46
4.2.2. Tryb Greyscale	47
4.2.3. Rozdzielczość	49
5. URZĄDZENIA DO DRUKOWANIA NATRYSKOWEGO	52
5.1. Arkuszowe i zwojowe maszyny natryskowe do drukowania nakładowego	52
5.2. Maszyny natryskowe do drukowania etykiet i opakowań giętkich	65
5.3. Natryskowe urządzenia wielkoformatowe	72

5.4. Urządzenia do zadruku faktury falistej	75
5.5. Urządzenia do bezpośredniego drukowania na kształtkach	82
5.6. Natryskowe maszyny do uszlachetniania druków	85
5.7. Maszyny hybrydowe	91
5.8. Inne systemy drukowania natryskowego	95
6. ATRAMENTY DO DRUKOWANIA NATRYSKOWEGO (ANG. INK-JET INKS)	101
6.1. Klasyfikacja atramentów stosowanych w drukowaniu natryskowym	101
6.2. Atramenty o spoiwach wodorozcieńczalnych tzw. wodne (ang. <i>waterbased</i>)	110
6.2.1. Atramenty barwnikowe	110
6.2.2. Atramenty pigmentowane	111
6.2.3. Pigmentowane atramenty lateksowe	115
6.2.4. Atramenty termosublimacyjne	118
6.2.5. Inne atramenty	120
6.3. Atramenty o spoiwach bezwodnych	122
6.3.1. Atramenty termotopliwe	122
6.3.2. Atramenty olejowe	125
6.3.3. Atramenty rozpuszczalnikowe	126
6.3.3.1. Atramenty o wysokiej zawartości rozpuszczalnika	127
6.3.3.2. Atramenty o niskiej zawartości rozpuszczalnika	128
6.3.3.3. Atramenty z ekorozpuszczalnikami	128
6.3.4. Atramenty utwardzane promieniowaniem UV	130
6.3.5. Atramenty ceramiczne	139
6.3.6. Inne atramenty	142
7. PODŁOŻA DRUKOWE	149
7.1. Podział podłoży drukowych	149
7.2. Podłoża płaskie papierowe	151
7.3. Podłoża stosowane w przemysłowym drukowaniu natryskowym (ink-jet)	158
7.3.1. Podłoża płaskie papierowe	159
7.3.2. Podłoża płaskie niepapierowe	167
7.3.3. Kształtki (formy przestrzenne)	167

7.4. Podłoża do wielkoformatowego drukowania natryskowego	168
7.4.1. Podłoża papierowe do wielkoformatowego drukowania natryskowego	169
7.4.2. Podłoża stosowane do drukowania reklam techniką wielkoformatowego drukowania natryskowego	171
7.4.3. Materiały podłożowe stosowane do drukowania wielkoformatowych reklam	184
7.5. Podłoża do cyfrowych drukarek biurowych	189
8. JAKOŚĆ ODBITEK NATRYSKOWYCH	197
8.1. Standaryzacja jakości odbitek cyfrowych	199
8.2. Błędy w drukowaniu natryskowym	203
INDEKS	207

SKRÓTY DOTYCZĄCE FARB NATRYSKOWYCH

CMYK – podstawowe kolory farb natryskowych: C – cyjan (ang. *cyan*); M – magenta (ang. *magenta*); Y – żółty (ang. *yellow*); K – czarny (ang. *key colour, black*)

CMYK+LcLm – podstawowe kolory farb natryskowych CMYK rozszerzone o dodatkowe kolory: Lc – jasny cyjan (ang. *light cyan*); Lm – jasna magenta (ang. *light magenta*)

CMYK+OBG – podstawowe kolory farb natryskowych CMYK rozszerzone o dodatkowe kolory: O – pomarańczowy (ang. *orange*); B – niebieski (ang. *blue*); G – zielony (ang. *green*)

CMYK+OV – podstawowe kolory farb natryskowych CMYK rozszerzone o dodatkowe kolory: O – pomarańczowy (ang. *orange*); V – fioletowy (ang. *violet*)

CMYK+OVG – podstawowe kolory farb natryskowych CMYK rozszerzone o dodatkowe kolory: O – pomarańczowy (ang. *orange*); V – fioletowy (ang. *violet*); G – zielony (ang. *green*)

CMYK+W – podstawowe kolory farb natryskowych CMYK rozszerzone o dodatkowy kolor: W – biały (ang. *white*)

L – lakier

UV – farba lub lakier utrwalane promieniowaniem UV

UV-LED/LED UV – farba lub lakier utrwalane promieniowaniem UV emitowanym przez diody LED

1. CHARAKTERYSTYKA TECHNIK DRUKOWANIA CYFROWEGO

Obecnie wszystkie techniki drukowania można podzielić na techniki drukowania klasycznego (analogowego) oraz techniki drukowania cyfrowego. Drukowanie jest to proces wielokrotnej reprodukcji (powielania) informacji (ilustracji, grafiki, tekstu), polegający na nanoszeniu materiału barwiącego (farby) na podłoże drukowe za pomocą nośnika obrazu (na przykład formy drukowej). W klasycznych technikach drukowania nośnikiem obrazu jest forma drukowa. W cyfrowych technikach drukowania nośnikiem obrazu jest plik cyfrowy. Zastosowanie formy drukowej w postaci nośnika obrazu wymaga z kolei stosowania w procesie drukowania docisku formy do podłoża lub powierzchni elementu pośredniego (na przykład cylindra offsetowego). Z tego powodu klasyczne techniki drukowania nazywane są również stykowymi (ang. *impact printing*). Do klasycznych technik drukowania należą: drukowanie wypukłe (typografia, fleksografia, typoffset), drukowanie płaskie (offset), drukowanie wklęsłe (rotograwiura, staloryt, drukowanie tamponowe) oraz drukowanie farboprzenikalne.

Klasyczne metody drukowania posiadają szereg zalet:

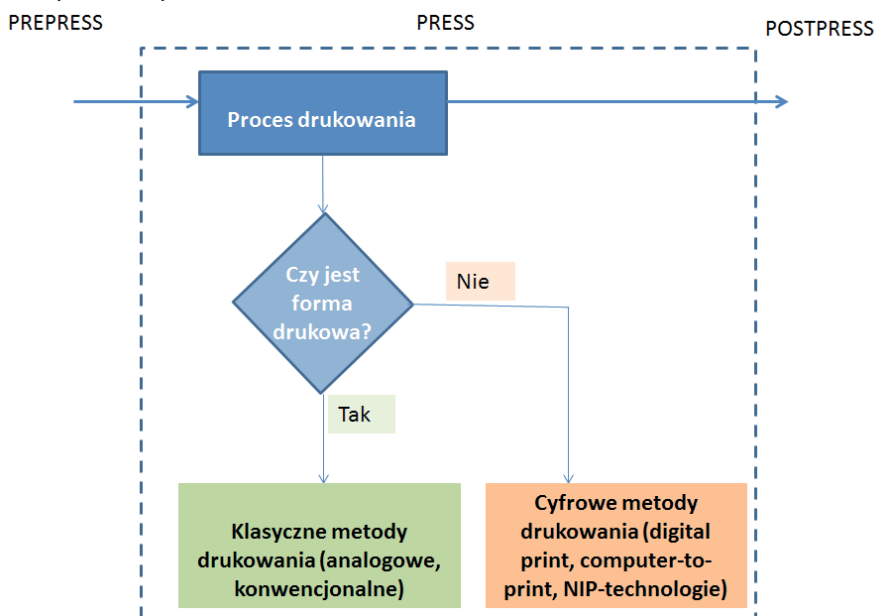
- technologie drukowania klasycznego umożliwiają drukowanie szybko i tanio średnich i wysokich nakładów,
- offset i rotograwiura, a obecnie już nawet i drukowanie fleksograficzne reprodukują obraz z bardzo wysoką jakością,
- drukowanie analogowe, w przeciwieństwie do cyfrowego, zazwyczaj nie wymaga drogich podłoży powlekanych, aby uzyskać satysfakcjonujące wyniki,
- farby stosowane w technikach analogowych zazwyczaj są tańsze od tonerów lub atramentów stosowanych w drukowaniu cyfrowym,
- kolory specjalne łatwiej jest drukować analogowo niż cyfrowo, drukarze mogą tworzyć własne kolory poprzez mieszanie wybranych farb w określonych proporcjach,
- techniki analogowe są mocno zakorzenione na rynku i nie wymagają nakładów inwestycyjnych na szkolenia lub na znaczącą rozbudowę sprzętową.

Do wad drukowania klasycznego należy zaliczyć:

- w metodach drukowania klasycznego nie jest możliwe drukowanie danych zmiennych (wyjątek stanowi użycie numeratorów),
- potrzebne są operacje wykonania form drukowych i narzędzi maszyn,

- reprodukowane obrazy są zazwyczaj ograniczone rozmiarowo ze względu na limitowany rozmiar form drukowych,
- do wykonania form drukowych jest wymagany dodatkowy sprzęt specjalistyczny,
- zazwyczaj ten rodzaj druku nie nadaje się do krótkich nakładów,
- drukowanie analogowe generuje dużą ilość odpadów i naraża środowisko naturalne na większe skażenie [1, 2].

Sposoby drukowania, w których nie są stosowane tradycyjne formy drukowe, a proces drukowania odbywa się na podstawie informacji zgromadzonych w pamięci komputera w postaci danych cyfrowych, przenoszonych (pośrednio lub bezpośrednio) na zadrukowywane podłoże, są nazywane cyfrowymi. W literaturze angielskojęzycznej używa się nazwy *non impact printing* (NIP) lub najczęściej *digital print* oraz *computer-to-print*.



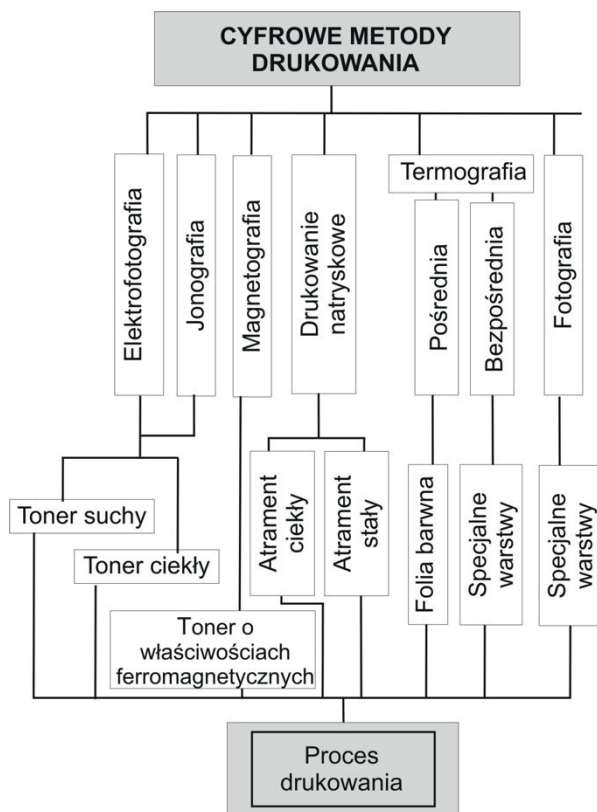
Rys. 1.1. Zasada podziału na techniki drukowania cyfrowego i klasycznego

Źródło: opracowanie własne.

Cyfrowe sposoby drukowania posiadają przewagę na technikami klasycznymi ze względu na to, że umożliwiają:

- drukowanie zmiennych danych (ang. *variable data print*, VDP),
- drukowania na żądanie (ang. *print on demand*),
- drukowanie niskich nakładów.

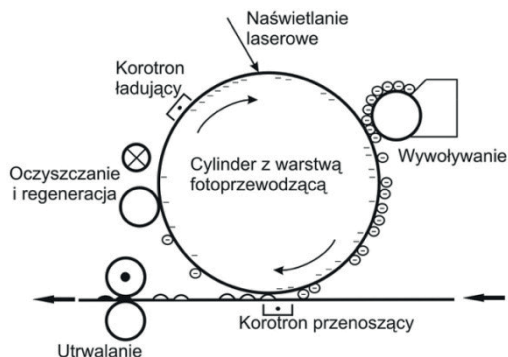
Do technik drukowania cyfrowego należą: elektrofotografia, jonografia, magnetografia, drukowanie natryskowe, termografia i inne.



Rys. 1.2. Klasyfikacja technik drukowania cyfrowego

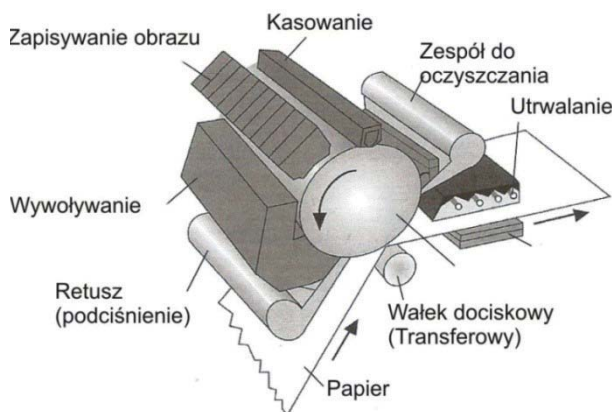
Źródło: opracowanie własne.

Proces cyfrowego drukowania elektrofotograficznego (ang. *electrophotography*) bazuje na zastosowaniu warstw fotorzprzewodzących i składa się z kilku kolejno następujących po sobie etapów: ładowania warstwy fotorzprzewodzącej, naświetlania obrazu, wywoływania, przenoszenia tonera na zadrukowywane podłoże, utrwalania nadruku na odbitce. Na etapie ładowania powierzchnia warstwy fotorzprzewodzącej jest pokrywana równomiernie ładunkami elektrycznymi, a następnie naładowana warstwa fotorzprzewodząca zostaje rozładowana w określonych miejscach za pomocą promieni lasera lub światłem diod przewodzących (LED), a pozostałe ładunki tworzą tzw. elektrostatyczny obraz utajony. Obraz utajony zostaje wywołany za pomocą naładowanego proszku (tonera). Na podłoże zadrukowywane toner przenosi się w polu elektrostatycznym, a utrwalenie nadruku odbywa się na skutek działania ciepła. Toner w swoim składzie zawiera składnik termotopliwy, który pod wpływem działania ciepła (temperatura utrwalenia wynosi ok. 160-200°C) stapia się i trwale wiąże z podłożem. Drukowanie elektrofotograficzne znalazło obecnie największe zastosowanie wśród technik drukowania cyfrowego [3, 4].



Rys. 1.3. Schemat cyfrowego drukowania elektrofotograficznego
Źródło: opracowanie własne.

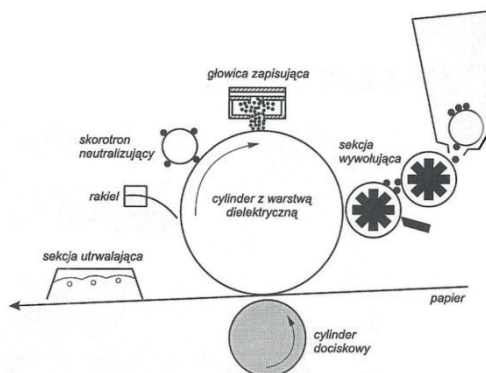
Zasada magnetografii (ang. *magnetography*) polega na wykorzystaniu cylindra z warstwą magnetyczną, na powierzchni którego zostaje zapisany obraz utajony za pomocą pola magnetycznego. Obraz utajony wywołuje się za pomocą proszku ferromagnetycznego (o właściwościach magnetycznych). Następnie, pod wpływem docisku, toner przenosi się na zadrukowywane podłoże, gdzie zostaje utrwalony pod wpływem ciepła. Magnetografia posiada wyjątkową zaletę – obraz utajony magnetyczny nie jest „ulotny” (chyba że wystawiony na działanie sił pola magnetycznego). To znaczy, że z reguły istnieje możliwość, aby zapisany obraz utajony wywoływać i przenosić na podłoże zadrukowywane tak często, jak chcemy, bez ponownego zapisywania – co pozwala na większą szybkość drukowania [1, 5].



Rys. 1.4. Podstawowe etapy w drukowaniu magnetograficznym
Źródło: *Digital Printing. Technology and Printing Techniques of Océ Digital Printing Presses.*
Océ Printing Systems GmbH, 2006. s. 65.

Zasada drukowania jonograficznego (ang. *ionography/electron beam*) jest podobna do zasady drukowania elektrofotograficznego, ale z tą różnicą, że zamiast cylindra z warstwą fotorzprzewodzącą stosuje się cylinder ze stosunkowo twardą

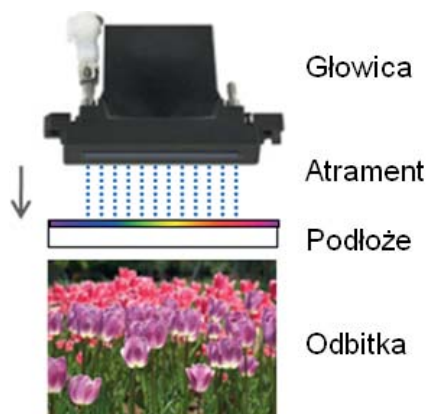
warstwą dielektryczną, a miejsca drukujące na cylindrze zostają naładowane strumieniem jonów emitowanych przez głowicę drukującą, zgodnie z informacją zawartą w pamięci komputera. Powstały elektrostatyczny obraz utajony, podobnie jak w procesach drukowania elektrofotograficznego, wywołuje się tonerem. Następnie obraz tonerowy, pod wpływem nacisku cylindra dociskowego, jest przenoszony na zadrukowywane podłoże, gdzie w kolejnym etapie jest termicznie utrwalany. Technologia ta jest stosowana w ograniczonym zakresie [1].



Rys. 1.5. Schemat drukowania jonograficznego

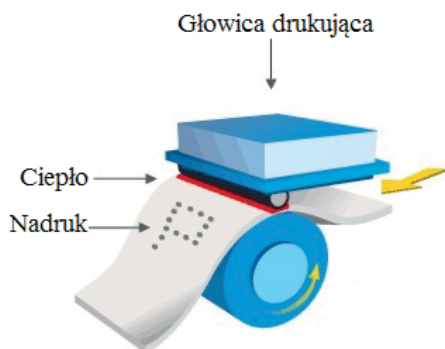
Źródło: Czichon H., Czichon M., *Reprografia i drukowanie cyfrowe*.
Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003, s. 104.

Drukowanie natryskowe (ang. *ink-jet*) jest realizowane za pomocą cyfrowych urządzeń drukujących, które są wyposażone w specjalne głowice natryskowe z dyszami, z których w odpowiednim momencie (zgodnie z obrazem oryginału cyfrowego) wyrzuca się krople atramentu. Praca głowic drukujących jest sterowana komputerem, a kropla powstaje w momencie, kiedy elektroniczny układ sterujący wysyła do głowicy sygnał w postaci impulsu elektrycznego. Obecnie drukowanie natryskowe jest najbardziej dynamicznie rozwijającą się techniką drukowania [1, 6].

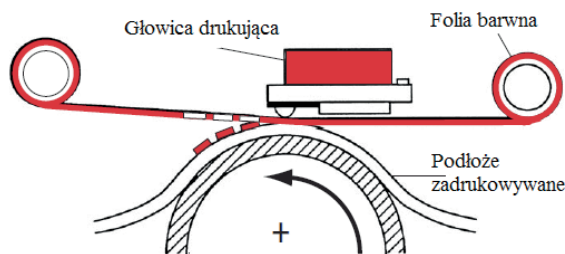


Rys. 1.6. Proces drukowania natryskowego
Źródło: opracowanie własne.

Do cyfrowego drukowania termograficznego należy kilka sposobów drukowania, w których obraz na podłożu wytwarza się przy działaniu ciepła bezpośrednio na podłożu lub na środek barwiący, znajdujący się na nośniku pośrednim (folii barwnej). Dlatego metody drukowania cyfrowego termograficznego można podzielić na bezpośrednie metody termograficzne (ang. *thermal direct*) i metody termograficzne pośrednie. Z kolei metody termograficzne pośrednie dzielą się na metody transferowe lub termotransfer (ang. *thermal transfer* lub *phase change*) i metody termosublimacyjne (ang. *thermal transfer dye diffusion*). W metodach bezpośrednich nadruk odbywa się na specjalnym papierze, zawierającym związki (barwniki) bezbarwne, które pod wpływem ciepła rozkładają się i tworzą związki o innym zabarwieniu. W metodach pośrednich środek barwiący z folii barwnej punktowo pod wpływem ciepła głowicy drukującej przenosi się na podłożo. Termograficzne techniki drukowania mają ograniczony zakres stosowania [1].



Rys. 1.7. Powstanie obrazu w trakcie drukowania termicznego bezpośredniego
Źródło: <http://www.sisprint.ru/razlpech/> (dostęp z dnia 10.02.2016).



Rys. 1.8. Schemat cyfrowego termotransferowego
Źródło: Kipphan H., *Handbuch der Printmedien*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2001, s. 733.

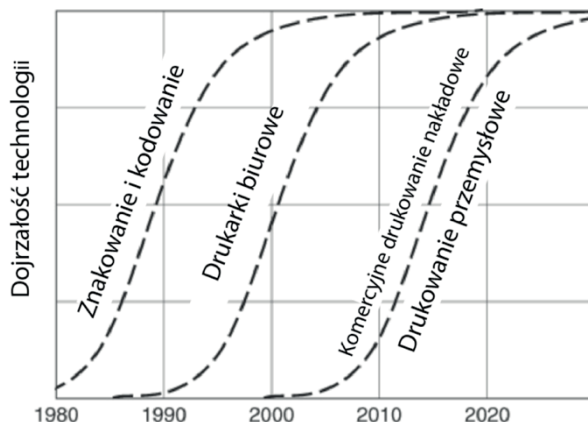
Do najważniejszych zalet drukowania cyfrowego należą: stosunkowo niski koszt odbitki drukowej, prawie niezależny od wysokości nakładu, możliwość drukowania danych zmiennych oraz drukowania niskich nakładów wraz z łatwym wznowieniem drukowanych nakładów bez ponoszenia dużych kosztów.

Rozwój drukowania cyfrowego, za datę wynalezienia którego przyjęto rok 1993, następował dość szybko. Pierwsze urządzenia do drukowania cyfrowego wykorzystywały metody druku elektrofotograficznego, następnie opracowano urządzenia do druku cyfrowego magnetograficznego i natryskowego. W kolejnych latach pojawiały się nowe techniki drukowania cyfrowego, a obecnie najprężniej rozwija się drukowanie natryskowe. Na początku drukowanie cyfrowe umożliwiało zadrukowywanie formatów A4 i A3, a obecnie przekroczyło B2 i B1. Długa dyskusja na temat porównywania jakości odbitek cyfrowych z klasycznymi w efekcie została rozstrzygnięta i obecnie można powiedzieć, że jakość odbitek cyfrowych dorównała jakości odbitek offsetowych, a ze względu na wybrane parametry – może być nawet lepsza. Również wydajność maszyn druku cyfrowego wciąż rośnie i zbliża się do wydajności maszyn konwencjonalnych. Niewątpliwą zaletą drukowania cyfrowego jest to, że druk cyfrowy nie wymaga użycia agresywnej chemii i generuje mniej odpadów, przez co jego negatywny wpływ na środowisko naturalne jest znacznie mniejszy niż druku analogowego. Obecnie drukowanie cyfrowe obejmuje ok. 15% całego rynku poligraficznego w Europie (ok. 20% w USA), a badania potwierdzają, że udział ten będzie wzrastał i w 2018 r. osiągnie 30% udziału w rynku poligraficznym w Europie [1]. Zastosowanie technik cyfrowych obecnie rośnie i migruje do takich obszarów przemysłu, jak opakowania, druk dekoracyjny i funkcjonalny [7].

W rozwoju technologii drukowania natryskowego można wyróżnić trzy etapy (rys. 1.9): początkowo urządzenia natryskowe stosowano do znakowania i kodowania produktów, następnie pojawiły drukarki biurowe tzw. SOHO (z ang. *small office home office*), a obecnie rozwija się technologia komercyjnego drukowania nakładowego i przemysłowego [8]. Technologia drukowania natryskowego po raz pierwszy została zrealizowana w postaci komercyjnych urządzeń drukujących w latach 70. i 80. W tym początkowym okresie urządzenia natryskowe (służące do kodowania i znakowania) bazowały na technologii ciągłego strumienia i zapewniały duże prędkości drukowania, ale charakteryzowały się niską rozdzielczością i oferowały dość niską jakość druku. Obecnie ta technologia jest w pełni dojrzała i szeroko stosowana w postaci urządzeń, w które standardowo wyposażone są linie produkcyjne na całym świecie.

Następnym krokiem, począwszy od połowy lat 80. XX wieku, był rozwój technologii kropli na żądanie, a urządzenia drukujące na jej podstawie posiadały znacznie większą rozdzielczość w porównaniu do wcześniejszych urządzeń kodujących, co umożliwiło cyfrową reprodukcję tekstu i ilustracji przy niskich kosztach dla potrzeb indywidualnych i w środowisku biurowym. Zasady technologii drukowania CIJ, jak i DOD są opisane w rozdziale 3.

Trzecim etapem jest rozwój technologii komercyjnego drukowania nakładowego i przemysłowego. Najnowsze technologie druku natryskowego obecnie osiągnęły taki poziom, że z powodzeniem konkurują z klasycznymi technikami drukowania.



Rys. 1.9. Rozwój technologii drukowania natryskowego

Źródło: *Inkjet technology for digital fabrication*, John Wiley & Sons Ltd, 2013
<https://download.e-bookshelf.de/download/0000/7528/62/L-X-0000752862-0001837706.XHTML/index.xhtml> (dostęp z dnia 20.05.2017).

Technologie te opierają się na tych samych podstawowych zasadach generowania kropeł, co i metody wcześniejsze, ale urządzenia drukujące wyróżniają się takimi cechami – jak niezawodność i dokładność procesu drukowania, a także wytrzymałość – które są niezbędne w komercyjnym drukowaniu nakładowym i przemysłowym. Wiele rozwiązań technicznych jest wciąż w fazie opracowywania lub testowania. Część z takich natryskowych urządzeń drukujących została omówiona w rozdziale 5.

Literatura

- [1] Khadzhynova S., Jakucewicz S., *Sposoby drukowania cyfrowego*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2016.
- [2] Godawa E., *Druk cyfrowy i druk tradycyjny. Czy naprawdę stoimy przed dylematami wyboru?*, „Świat Druku”, nr 2, 2006.
- [3] Czichon H., Czichon M., *Reprografia i drukowanie cyfrowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [4] Czichon H., *Elektrofotograficzne drukowanie cyfrowe na podłożu papierowym*, „Przegląd Papierniczy”, nr 4, 2006, ss. 200-204.
- [5] *Digital Printing. Technology and Printing Techniques of Océ Digital Printing Presses*, Océ Printing Systems GmbH, 2006.
- [6] Chichon H., *Natryskowe metody drukowania cyfrowego*, „Przegląd Papierniczy”, nr 7, 2006, ss. 377-381.
- [7] Castrejón-Pita J.R., Baxter W.R.S., Morgan J., Temple S., Martin G.D., Hutchings I.M., *Future, Opportunities and Challenges of Inkjet Technologies*, <https://www.repository.cam.ac.uk/bitstream/handle/1810/244791/Castrejon-circulation.pdf?sequence=1> (dostęp z dnia 02.03.2015).
- [8] Wiley & Sons Ltd, 2013, <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/7528/62/L-X-0000752862-0001837706.XHTML/index.xhtml> (dostęp z dnia 20.05.2017).

2. ZASTOSOWANIE I PERSPEKTYWY ROZWOJU DRUKOWANIA NATRYSKOWEGO

W ciągu ostatnich dwóch dekad postępujący rozwój technologiczny materiałów i głowic drukujących spowodował pojawienie się wielu produktów, które skutecznie przekształciły przemysł tak, by umożliwić masową personalizację druków z wykorzystaniem technologii cyfrowego druku natryskowego. Obecnie w sektorze druku natryskowego obserwuje się takie tendencje, jak:

- wzrost ilości modeli maszyn oraz producentów,
- rozwój i pojawienie się nowych technologii drukowania (np. nanografia),
- zwiększenie formatu zadruku do B2 i B1,
- zwiększenie rodzaju i grubości zadrukowanych podłoży, np. jest możliwy bezpośredni zadruk na kształtkach i tekturze falistej.

Sprzyjają temu również tendencje marketingowe producentów towarów. Marketing docelowy i dążenie do oszczędności w produkcji – to dwie tendencje, które powodują, że właściciele marek będą zamawiać produkty, na przykład etykiety i opakowania, częściej, ale w małych nakładach. Dla drukarni oznacza to zwiększenie ilości prac małonakładowych, co techniką cyfrową jest bardziej opłacalne.

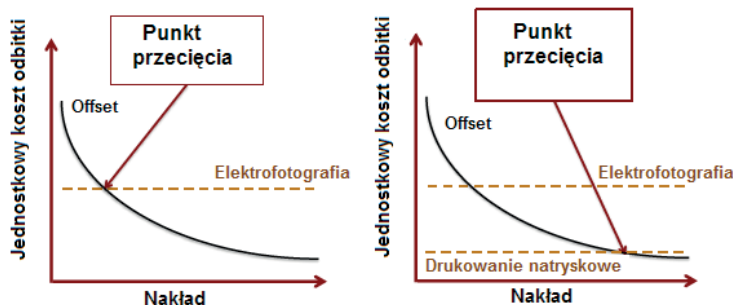
Obecnie zakres zastosowania drukowania natryskowego jest największy ze wszystkich technik drukowania. Drukowanie natryskowe w przemyśle poligraficznym jest stosowane:

- do znakowania różnych materiałów, np. papieru, kartonu, szkła, blachy itp., przy czym, w zależności od rodzaju podłoża, stosuje się odpowiednie farby,
- do drukowania wielkoformatowych reklam (plakaty, plansze, szyldy i in.),
- do drukowania etykiet i opakowań, w tym zadruku tektury falistej,
- do wykonywania odbitek próbnych wielobarwnych i impozycyjnych,
- do drukowania nakładowego gazet, książek, czasopism,
- do drukowania bezpośredniego na różnego rodzaju kształtkach (metalowych, szklanych, z tworzywa sztucznego, tektury i in.),
- specjalistyczne przemysłowe przeznaczenie – bezpośrednie zadrukowywanie paneli meblowych, szkła, ceramiki, tkanin,
- do drukowania termosublimacyjnego (druk zdjęć, druk na papierze w pośrednim procesie zadrukowywania tkanin),
- do drukowania biurowego (drukarki biurowe, urządzenia wielofunkcyjne).

Oprócz typowo poligraficznych zastosowań, drukowanie natryskowe jest stosowane w produkcji elektroniki drukowanej, drukowaniu obiektów 3D, w tzw. drukowaniu przemysłowym dla potrzeb innych dziedzin, np. medycyny, farmacji, budownictwa oraz innych [1].

Niewątpliwą zaletą tej techniki jest szeroki zakres stosowanych podłoży. Z kolei progres w rozwoju głowic natryskowych spowodował zwiększenie ich rozdzielczości, a co za tym idzie, zwiększenie jakości nadruku. Technologie MEMS w produkcji głowic drukujących umożliwiły produkcję głowic o wysokiej rozdzielczości, wydajności i dokładności druku. Technologie te na tyle polepszyły parametry drukowania natryskowego, że może ono z powodzeniem konkurować z analogowymi sposobami drukowania ze względu na wydajność, ekologiczność i ekonomiczność. Przewiduje się, że właśnie ta technika w przyszłości zdominuje rynek drukowania.

Na rys. 2.1 przedstawiono zależności jednostkowego kosztu wydruku (cena jednostkowa odbitki) od wielkości nakładu w technologii drukowania offsetowego i cyfrowego. Przebieg krzywych przedstawiony na rys.2.1a jest dobrze znany w branży poligraficznej. Cena jednostkowa odbitki w drukowaniu offsetowym maleje wraz ze zwiększeniem się nakładu. Przy bardzo niskich nakładach, drukowanie offsetowe nie jest opłacalne ze względu na koszty uruchomienia produkcji (koszty płyt offsetowych, koszty procesu wykonania form drukowych oraz operacje narządzania).



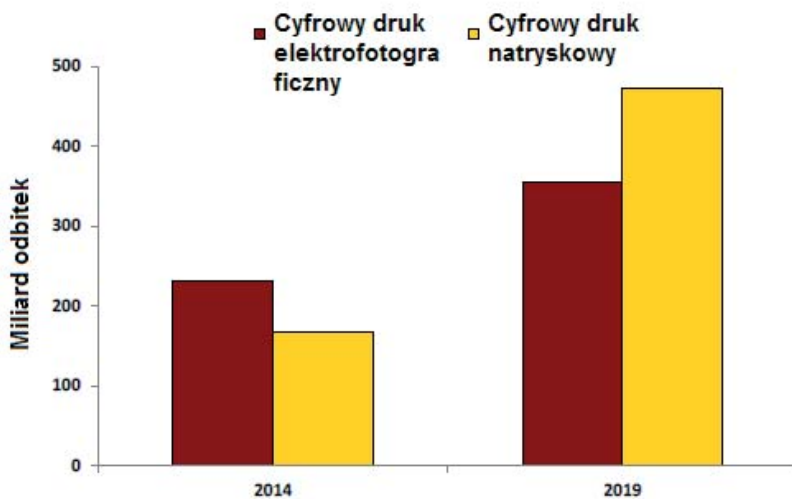
Rys. 2.1. Porównanie zakresów opłacalności drukowania elektrofotograficznego, natryskowego i offsetowego

Źródło: *The Cutsheet Inkjet Color Revolution: Market Opportunities for Canon's Niagara*. InfoTrends 2014, <http://media.cygnum.com/files/base/MPRC/whitepaper/2015/03/The-Cutsheet-Inkjet-Color-Revolution-WP.pdf>

Drukowanie cyfrowe elektrofotograficzne charakteryzuje inna krzywa, a raczej linia, ze względu na to, że koszt każdej odbitki, niezależnie od nakładu, jest taki sam, a niskie nakłady, zaczynając od jednej odbitki są opłacalne. Punkt przecięcia krzywej i linii, wyznaczający granice opłacalności obydwu tych technik drukowania, odpowiadał

wcześniej nakładowi około 500-1000 odbitek, w zależności od konkretnego systemu drukującego. Pojawienie się w ostatnich latach wysokowydajnych systemów zwojowego drukowania natryskowego spowodowało możliwość konkutowania z drukowaniem offsetowym w zakresie wyższych nakładów (rys. 2.1b), przy jednoczesnym zachowaniu wszystkie zalet właściwych drukowaniu cyfrowemu [2].

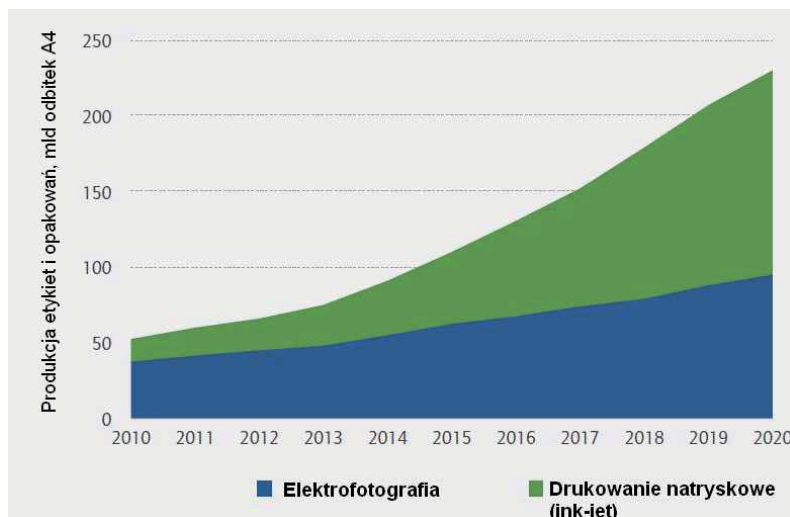
Zgodnie z prognozami InfoTrends, udział produkcji wydrukowanej metodami cyfrowymi w najbliższych latach nadal będzie wzrastać, ale większy wzrost prognozuje się dla drukowania natryskowego w porównaniu do elektrofotografii. W 2014 r. 42% wszystkich wydrukowanych kolorowych odbitek cyfrowych stanowiły odbitki natryskowe, a w 2019 r. przewiduje się, że liczba ta wzrośnie i będzie wynosić ok 57 %. Świadczy to o ogromnym potencjale drukowania natryskowego [3].



Rys. 2.2. Produkcja odbitek cyfrowych na świecie: elektrofotograficznych i natryskowych

Źródło: *The Value of Cut-sheet Inkjet. The Xerox Brenva HD Production Inkjet Press. White Paper April 2016, <https://www.xerox.com/digital-printing/latest/XBRWP-01U.pdf>*

Drukowanie natryskowe – dzięki temu, że jest to sposób drukowania bezkontaktowego – nadaje się do drukowania wielkoformatowego z udziałem różnych rodzajów podłoży zadrukowywanych, co przyczynia się do rozpowszechnienia tej techniki drukowania w sektorze zadruku opakowań. Moduły drukowania natryskowego w łatwiejszy sposób, w porównaniu do zespołów elektrofotograficznych, można integrować w liniach konwertujących. To powoduje, że technika ta zaczyna dominować szczególnie w sektorze opakowań i etykiet (rys. 3) [4,5].



Rys. 2.3. Światowa produkcja etykiet i opakowań wydrukowanych metodami drukowania cyfrowego

Źródło: *Four key trends transforming the digital print for packaging market*, <http://www.smitherspira.com/resources/2015/december/four-key-trends-digital-print-for-packaging> (dostęp z dnia 10.05.2017).

Literatura

- [1] Khadzhynova S., Jakucewicz S., *Sposoby drukowania cyfrowego*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2016.
- [2] The Cutsheet Inkjet Color Revolution: Market Opportunities for Canon's Niagara. Info-Trends 2014, <http://media.cygnus.com/files/base/MPRC/whitepaper/2015/03/The-Cut-sheet-Inkjet-Color-Revolution-WP.pdf> (dostęp z dnia 10.04.2017).
- [3] The Value of Cut-sheet Inkjet. The Xerox Brenva HD Production Inkjet Press. White Paper April 2016, <https://www.xerox.com/digital-printing/latest/XBRWP-01U.pdf> (dostęp z dnia 10.04.2017).
- [4] The Future of Digital Print for Packaging to 2020, <http://www.smitherspira.com/industry-market-reports/printing/digital/the-future-of-digital-print-for-packaging-to-2020> (dostęp z dnia 10.04.2017).
- [5] Four key trends transforming the digital print for packaging market, <http://www.smitherspira.com/resources/2015/december/four-key-trends-digital-print-for-packaging> (dostęp z dnia 10.04.2017).

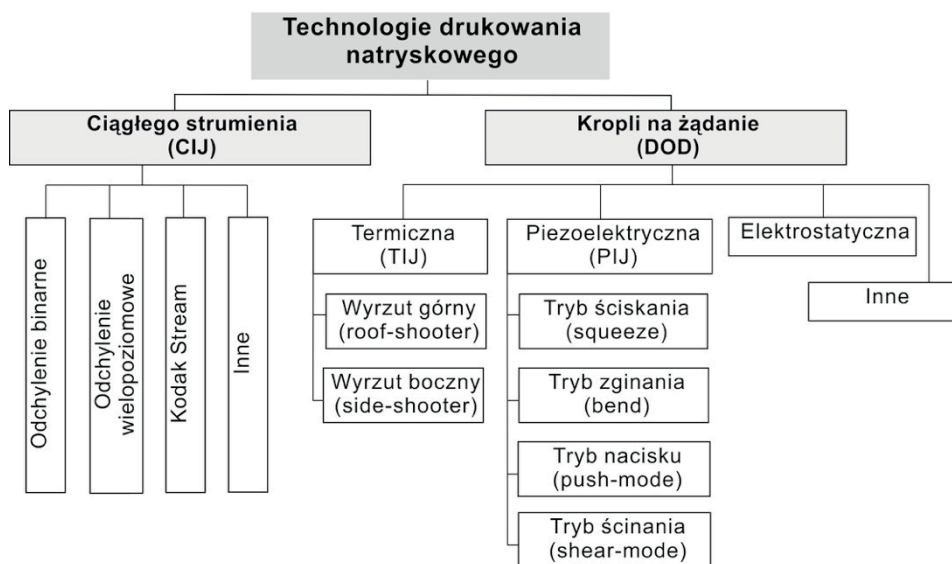
3. ZASADA DRUKOWANIA NATRYSKOWEGO

3.1. Klasyfikacja metod drukowania natryskowego

Drukowanie natryskowe jest realizowane za pomocą cyfrowych urządzeń drukujących, które są wyposażone w specjalne głowice natryskowe zawierające dysze. Mają one za zadanie wyrzucać z wnętrza głowicy farbę w postaci kropeł, zwyczajowo w Polsce nazywanej atramentem. Moment otrzymywania kropli określany jest za pomocą sygnału wysyłanego przez komputer. Wówczas powstaje impuls elektryczny sterujący pracą głowicy.

Rozróżnia się następujące technologie drukowania natryskowego:

- technologię ciągłego strumienia kropeł, zwanej również z ang. *continuous flow* lub *continuous ink jet* (w skrócie CIJ),
- technologię kropli na żądanie/pojedynczych kropeł, z ang. zwanej *drop on demand* (w skrócie DOD) [1].



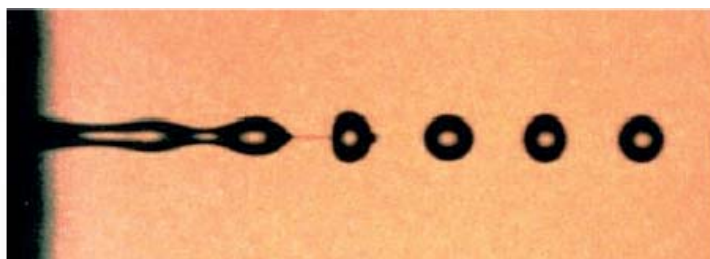
Rys. 3.1 Podział technologii drukowania natryskowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie Wijshoff H., *The dynamics of the piezo inkjet printhead operation*, Physics Reports 491, 2010.

Już w XIX wieku pojawiły się odkrycia, które przyczyniły się do powstania technologii drukowania natryskowego. W latach 1861 i 1865 Maxwell opisał działanie sił elektromagnetycznych, a w 1880 roku Piotr i Jacek Curie odkryli efekt piezoelektryczny. Dodatkowo wykazano istnienie napięcia powierzchniowego oraz inne zjawiska fizyczne towarzyszące tworzeniu się kropli. Pierwsze praktyczne urządzenie natryskowe zostało opatentowane przez firmę Siemens-Elema w 1951 roku. Zamiast ciągłego strumienia farby, wykorzystano w nim ciągły strumień kropeł wyrzeliwanych na papier. Urządzenie nazwano Mingografem Elemy, a stosowano je jako sprzęt medyczny do wykonywania EKG i EEG. Jego praca polegała na formowaniu kropli w szklanej kapilarze o długości 3 cm i średnicy 100 μm , zakończonej 15 μm dyszą. Przerywanie wyrzeliwania płynu nie było zsynchronizowane. Mingograf nagrywał sygnały z częstotliwością do 1,25 kHz.

3.2. Technologia ciągłego strumienia kropeł

Technologia drukowania natryskowego ciągłego strumienia pojawiła się w latach 60. XX wieku. Wówczas na Uniwersytecie w Stanford wykazano, że wywieranie odpowiedniego ciśnienia na otwór powoduje, że strumień farby dzieli się na krople o tej samej wielkości, a częstotliwość ich wyrzucania sięga 120 kHz. Dzięki kontrolowanemu mechanizmowi wyrzeliwania, krople z ciągłego strumienia mogły być selektywnie ładowane. Farby o przewodności elektrycznej ładowano indukcyjnie. Naładowane krople, w trakcie ich przechodzenia przez pole elektryczne, odchylano w różnych kierunkach, aby uformować obraz na podłożu. Nienaładowane krople były przechwytywane przez rynienkę i poddawane recykulacji w systemie. To właśnie ten proces znany jest obecnie jako druk natryskowy ciągłego strumienia (ang. *continuous ink-jet* – *CIJ*). Pierwszym typowym urządzeniem drukującym był Oscylograf opracowany przez Instytut Badawczy w Stanford. Wykorzystywano go do drukowania kodów kreskowych. W kolejnych latach powstały nowe maszyny natryskowe – Videojet 9600 (częstotliwość padania kropli: 66 kHz, potem udoskonalona do 117 kHz) oraz DIJIT (częstotliwość jedynie 12 kHz, ale zawierała aż 512 dysz).



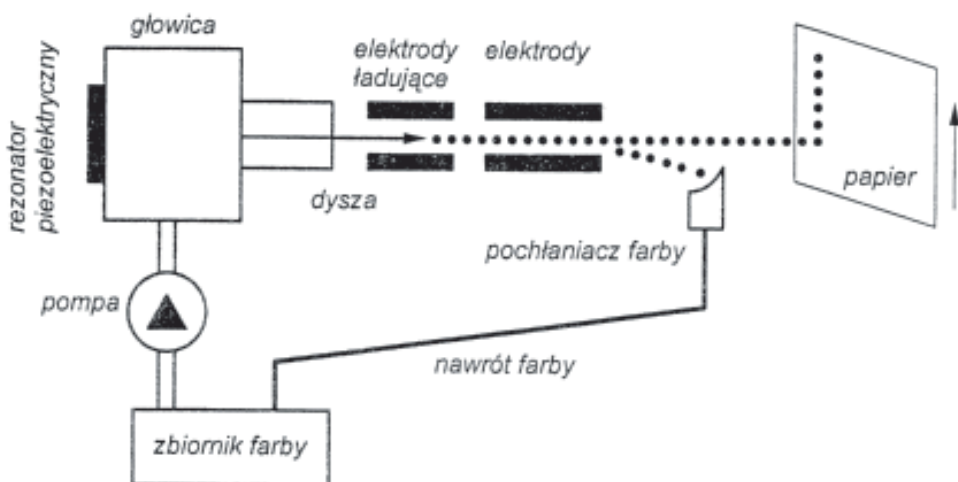
Rys. 3.2. Zdjęcie kropeł powstających z ciągłego strumienia farby
Źródło: *Inkjetova tlač. Materiały konferencyjne, Pardubice 2008, s. 6.*

W 1970 roku Hertz skonstruował urządzenia drukujące w skali szarości poprzez zróżnicowanie liczby kropeł na piksel. Już w 1977 r. powstała pierwsza drukarka kolorowa, której zasada działania oparta była na technologii Hertza. W niedługim czasie uzyskiwano z niej dobrej jakości odbitki o rozdzielczości 300 dpi.

3.2.1. Technologia ciągłego strumienia z selektywnym ładowaniem kropeł

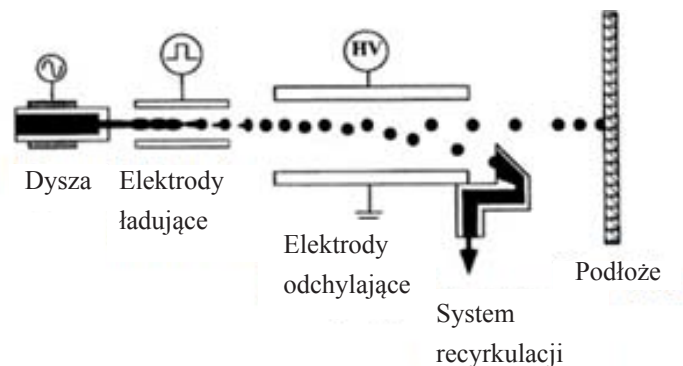
W maszynach pracujących w technologii CIJ farba, będąca przewodnikiem, podawana jest do głowicy za pomocą pompy ciśnieniowej. W rezonatorze podłączonym do głowicy znajduje się kryształ piezoelektryczny, który wprawiony w vibrację wytwarza fale dźwiękowe, a te z kolei dzielą strumień farby w regularnych odstępach czasu. Maksymalna częstotliwość to aż 165 000 kropeł na sekundę (z jednego otworu). Niezależnie od wariantu drukowania, utworzone krople poddawane są oddziaływaniu dwóch pól elektrycznych. Przechodzą one bowiem przez dwie pary elektrod (rys. 3.3). W zależności od obrazu, w pierwszym polu zostaje naładowana tylko część kropeł. To, które z kropeł zostają naładowane, wynika z zaprogramowanego obrazu. W drugim polu krople naładowane odchylane są od pionowego toru. Istnieją dwa warianty tej metody druku [2]. Pierwsza to metoda z binarnym odchylaniem (rys. 3.4) i druga – metoda z odchylaniem wielopoziomowym (wielokrotnym) (rys. 3.5).

Jak już wcześniej wspomniano, w metodzie binarnego odchylania, w drugim polu elektrycznym przechwytywane są naładowane krople farby. Trafiają one do rynienki, a dzięki systemowi recyrkulacji, wracają do zbiornika. Nienaładowane krople zostają przeniesione na podłoże drukowe i tworzą zadany obraz (rys. 3.4).



Rys. 3.3. Schemat działania metody natryskiwania z ciągłym strumieniem kropeł

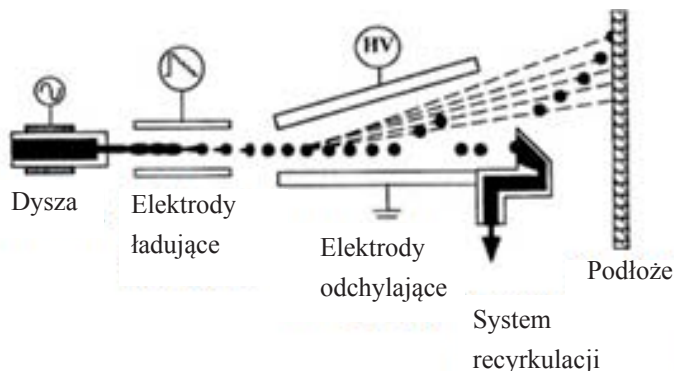
Źródło: Czichon H., Czichon M., *Reprografia i drukowanie cyfrowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003, s. 109.



Rys. 3.4. Schemat odchylenia binarnego

Źródło: Le H.P., *Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology*. *Journal of Imaging Science and Technology* – Volume 42, Number 1, January/February 1998, <http://www.imaging.org/ist/resources/tutorials/inkjet.cfm> (dostęp z dnia 10.08.2015).

W wariancie z odchyleniem wielopoziomowym (inaczej zwanym wielokrotnym) krople nienaladowane są przekazywane do rynienki, a następnie poprzez recyrkulację wracają do zbiornika. Krople naładowane zostają odchylone od pionowego toru i padają na drukowany materiał. Ponieważ można sterować wielkością generowanego na kroplach atramentu ładunku, a co za tym idzie odchyleniem toru kropli od kierunku pionowego, otrzymujemy jednoczesny nadruk kropeł w kilku liniach (rys. 3.5). Zmieniając natężenie pola elektrycznego można wpływać na zmianę kierunku ruchu kropli. Rezultatem jest kontrolowany, zmienny ładunek elektrostatyczny każdej kropli. Nienaladowane krople trafiają do elementu przechwytyjącego i spływają z powrotem do układu. Naładowane krople są umieszczane na podłożu, tworząc obraz (rys. 3.5).



Rys. 3.5. Schemat odchylenia wielopoziomowego

Źródło: Le H.P., *Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology*. *Journal of Imaging Science and Technology* – Volume 42, Number 1, January/February 1998, <http://www.imaging.org/ist/resources/tutorials/inkjet.cfm>

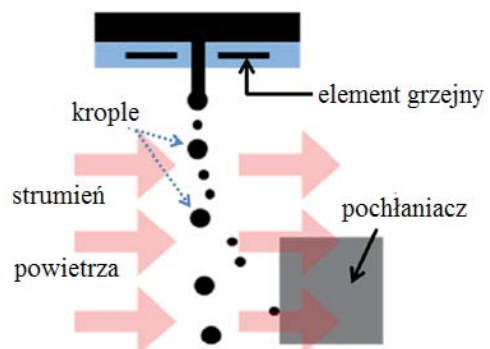
Technologia ciągłego strumienia kropeł ma dużo zalet:

- duża prędkość drukowania,
- mały koszt farb,
- duży wybór konfiguracji mocowania głowic,
- ciągłość pracy nawet przez kilka zmian,
- możliwość wykorzystania farb wodorozcieńczalnych i rozpuszczalnikowych.

Do wad tej technologii można zaliczyć koszt drukarek, który jest większy niż w przypadku drukarek pracujących w technologii kropli na żądanie, a także brak możliwości stosowania farb fotoutwardzalnych [3].

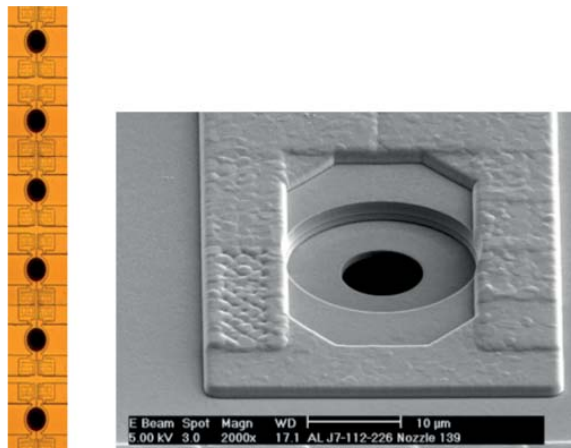
3.2.2. Technologia ciągłego strumienia z selektywną termiczną aktywacją kropeł

W nowej technologii CIJ Kodak Stream wokół każdej z dysz znajduje się element grzejny, który inicjuje proces tworzenia się kropeł o różnych wymiarach, a rozdzielanie kropeł odbywa się za pomocą strumienia powietrza. Pod wpływem impulsu elektrycznego zwiększa się temperatura elementu grzejnego, co przyczynia się do zmiany napięcia powierzchniowego atramentu w okolicach dyszy, na skutek czego krople są wyrzucane z dyszy. Objętość kropli zależy od częstotliwości impulsów elektrycznych. W miejscach niedrukujących częstotliwość impulsów jest wyższa i tworzą się krople o małych wymiarach, które następnie będą usunięte za pomocą strumienia powietrza. W miejscach elementu drukującego częstotliwość impulsu zmniejsza się, co powoduje generowanie kropli większej (o około pięć razy). Ze względu na to, że krople robocze i nierobocze posiadają różną objętość, to pod wpływem strumienia powietrza będą się poruszać zgodnie z różnymi trajektoriami – krople małe (nierobocze) przemieszczają się pod wpływem strumienia powietrza na większą odległość w porównaniu do kropli dużych (roboczych). W taki sposób dokonuje się selekcji kropeł. Przechwycone krople nierobocze (mniejsze) trafiają do rynienki, a następnie do systemu recyrkulacji, by można je było ponownie wykorzystać [4]. Metoda ta stosowana jest w maszynach Kodak Prosper, a potocznie nazywana jest technologią Kodak Stream (rys. 3.6).



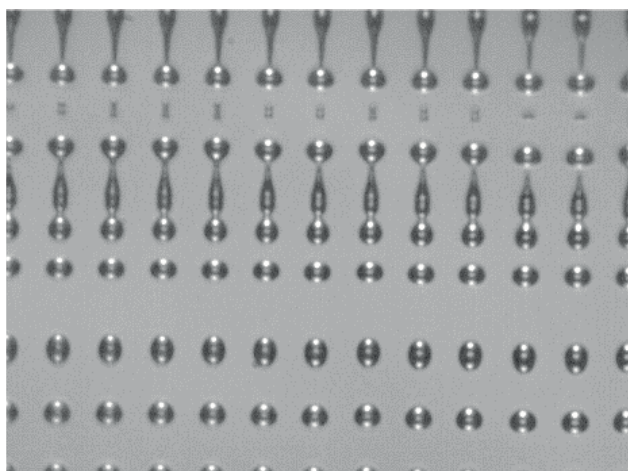
Rys. 3.6. Technologia Kodak Stream
Źródło: Castrej'on-Pita J.R., Baxter W.R.S., Morgan J., Temple S., Martin G.D., Hutchings I.M., Future, Opportunities and Challenge of Inkjet Technologies, <https://www.repository.cam.ac.uk/bitstream/handle/1810/244791/Castrejon-circulation.pdf?sequence=1> (dostęp z dnia 02.03.2014).

Unowocześnienie technologii Kodak Stream stanowi technologia UltraStream, zaprezentowana na targach drupa 2016, w której wykorzystywane są płytki krzemowe. Na płytkach umieszczono 2560 dysz o średnicy 9 mikronów. Każda z dysz ma swój pierścieniowy element grzejny, umieszczony na krawędzi otworu (rys. 7). Krople formowane są z prędkością 20 m/s. Temperatura w trakcie pracy głowicy wzrasta o około 5°C względem temperatury otoczenia, a więc do jej wytworzenia potrzeba bardzo mało energii. Żywotność dysz wynosi 3 tryliony kropli (rys. 3.8) [5].



Rys. 3.7. Dysze z pierścieniowymi elementami grzejnymi oraz otwór wraz z elementem grzejnym w powiększeniu (2000×)

Źródło: Kodak UltraStream White Paper. 2016, http://www.kodak.com/KodakGCG/uploadedFiles/Graphics/Products/Printers_and_Presses/Prosper_Platform/Prosper_6000/Resources/ULTRASTREAM_Inkjet_Technology_whitepaper_en.pdf (dostęp z dnia 25.02.2017).

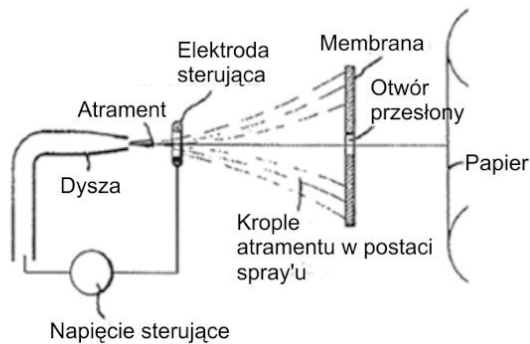


Rys. 3.8. Kurtyna kropli w technologii UltraStream

Źródło: Kodak UltraStream White Paper. 2016, http://www.kodak.com/KodakGCG/uploadedFiles/Graphics/Products/Printers_and_Presses/Prosper_Platform/Prosper_6000/Resources/ULTRASTREAM_Inkjet_Technology_whitepaper_en.pdf (dostęp z dnia 25.02.2017).

3.2.3. Inne technologie ciągłego strumienia kropli

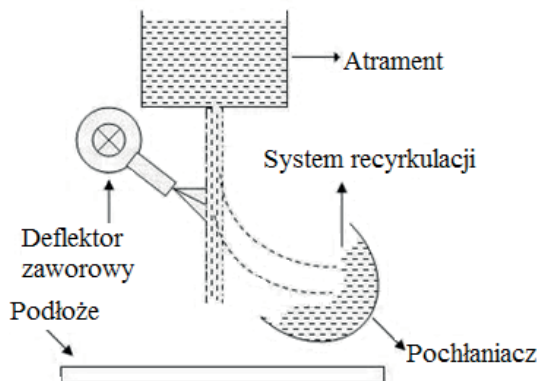
W systemach Hertza do wyrzutu kropli wykorzystywane są małe otwory kapilar, dzięki którym uzyskuje się duże prędkości (do 35 m/s). Strumień farby dzieli się na krople (nawet 10 kropli w ciągu sekundy), które mogą być regulowane przez nakładające się wibracje ultradźwiękowe. Ładowanie powoduje wzajemne odpychanie kropli i formowanie przez nie sprayu w formie stożka. Powstałe krople napotykają na membranę, czyli cienką, elastyczną przegrodę z okrągłym otworem. Przy niskim potencjale więcej farby przechodzi przez wspomniany otwór przesłony na podłoże, natomiast przy wyższym – więcej kropli jest odbijanych przez membranę, a następnie przechwytywanych do recyrkulacji (rys. 3.9).



Rys. 3.9. Metoda Hertza

Źródło: Kriss M. i inni, *Handbook of digital imaging*, John Wiley & Sons, Chichester 2015, s. 866.

Innym specyficznym systemem w technologii CIJ jest technologia wykorzystująca deflektor zaworowy. Polega ona na przechwytywaniu niepotrzebnych kropli za pomocą przepływu powietrza. Wytwarzane krople mają dużą objętość, a lepkość ich jest znaczna (do 0,4 Pa·s). Do sterowania nadmuchem powietrza służy deflektor zaworowy. Nadmuchiwanie jest możliwe w przypadku otwarcia zaworu – wówczas wybrane krople farby są przechwytywane (rys. 3.10).



Rys. 3.10. Schemat zasady działania deflektora zaworowego

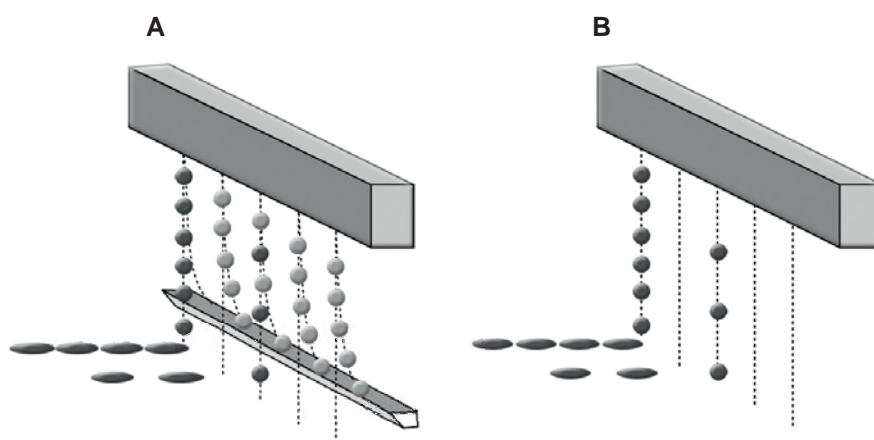
Źródło: Momin N.H., *Chitosan and Improved Pigment Ink Jet Printing on Textiles. A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Textile Technology School of Fashion and Textiles Design and Social Context, RMIT University, March 2008, s. 19.*

System mikrokropli powstał na bazie patentu Hitachi w 1988 roku. Generowano w nim duże i małe krople z tego samego otworu. Dla uzyskania obrazu o dużej rozdzielczości wykorzystywano tylko małe krople. Metody mikrokropli nigdy nie skomercjalizowano [6].

3.3. Technologia kropli na żądanie

Inne rozwiązanie w drukowaniu natryskowym stanowi technologia kropli na żądanie (ang. *drop on demand, DOD*). Jej przewagą nad technologią CIJ jest przede wszystkim prostsza konstrukcja urządzeń. Nie zawierają one skomplikowanego mechanizmu zsynchronizowanego przerywania płynięcia strumienia, elektrod ładujących i odchylających, rynienek i systemu recyrkulacji. W maszynach pracujących metodą DOD nie ma zawikłanych obwodów elektronicznych, a farba nie jest dostarczana dzięki wysokiemu ciśnieniu. Już w latach 40. XX wieku stworzono urządzenie wykorzystujące piezoelektryczny dysk, ale nie znalazło ono praktycznego zastosowania. Przełom nastąpił dopiero 20 lat później. W skonstruowanych wówczas urządzeniach farba była utrzymywana w dyszach dzięki podciśnieniu. Kroplę wystrzeliwano za pomocą silnego sygnału przesyłanego do elektrody umieszczonej poza dyszami. Metoda ta została udoskonalona przez firmy Casio, Teletype i Paillard. Pierwsza z firm zaprezentowała swoje urządzenie w 1971. Niestety, jakość uzyskiwanych wydruków pozostawiała wiele do życzenia, dlatego zrezygnowano z prac nad taką metodą generowania kropli [7].

Technologia kropli na żądanie, w zależności od rodzaju głowic, dzieli się na piezoelektryczną i termiczną.

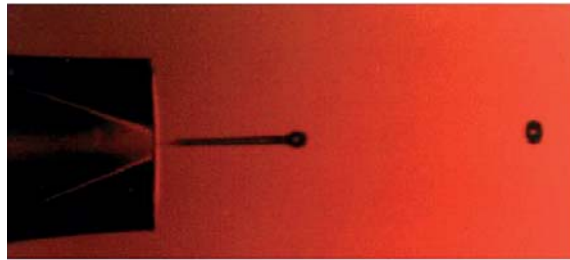


Rys. 3.11. Schematyczne przedstawienie metod CIJ (A) i DOD (B)
 Źródło: Magdassi S., *The chemistry of inkjet inks*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2010, s. 12.

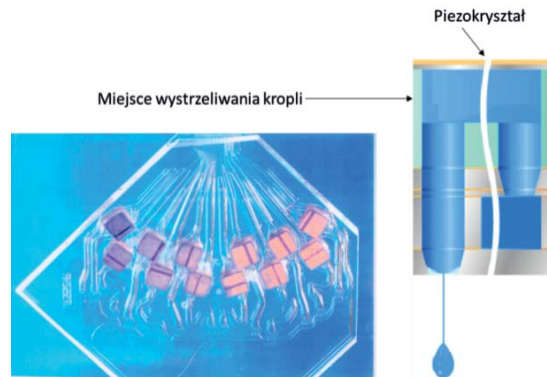
3.3.1. Technologia piezoelektryczna

3.3.1.1. Zasady technologii piezoelektrycznej

Technologia piezoelektryczna „kropli na żądanie” (z ang. *piezoelectric inkjet*, skrót PIJ) opiera się obecnie na trzech patentach powstałych w latach 70. Wzorują się one na pionierskim patencie z lat 50., w którym główny element stanowi płytką piezoelektryczną przekształcająca napięcie sterowania w mechaniczną deformację komory farbowej. Deformacja ta stwarza ciśnienie wymagane do powstania kropli w dyszy. Schemat głowicy oraz zdjęcie miejsca wystrzeliwania kropli przedstawiono na rysunku 3.13.



Rys. 3.12. Zdjęcie kropli wystrzeliwanej z dyszy w technologii DOD
 Źródło: *Inkjetova tlać. Materiały konferencyjne, Pardubice 2008, s. 8.*



Rys. 3.13. Głowica piezoelektryczna

Źródło: *Bruch S., Digital Imaging, materiały konferencyjne firmy Sihl, Duren, 2009, s. 15.*

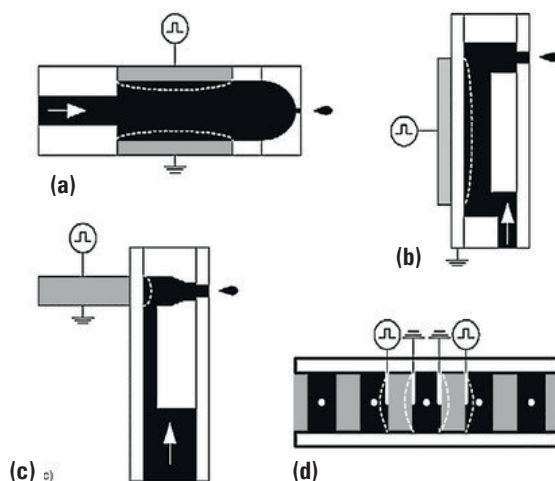
Pierwszą z metod opierających się na wynalazku z lat 50. jest operacja polegająca na wyciskaniu (ang. *squeeze*). W module tym wykorzystuje się pustą rurkę z piezoelektrycznego materiału. Wzrost napięcia powoduje wyciskanie komory farbowej, z której w ten sposób wydostaje się kropla farby na zadrukowywane podłoże (rys. 3.14a). Drugą metodę stosuje się w module zginającym (ang. *bend*), opatentowanym przez Uniwersytet Chalmers (rys. 3.14b). Tu wyrzut kropli spowodowany jest zgięciem ścianki komory farbowej. Ścianka ta wykonana jest

z membrany spojonej z piezoceramicznym elementem. Moduł zginający jest opisywany również jako moduł bimorficzny (dwupostaciowy).

Podobne rozwiązanie z modułem zginającym zastosowali Kyser i Sears w firmie Silonics. Różnica polega na wykorzystaniu płytki piezoelektrycznej w formie prostopadłościanu, zamiast płaskiej, jaką stosowano w Uniwersytecie w Chalmers. Urządzenie Silonics, zwane drukarką Quietype, wymagało napięcia 150 V, a krople wyrzucało z częstotliwością 3 kHz.

W 1984 w firmie Epson powstała wersja z naciskiem w formie tłoka (ang. *push mode*). Metoda wykorzystuje piezoelektryczny element naciskający na ściankę komory farbowej w celu jej zdeformowania (rys. 3.14c).

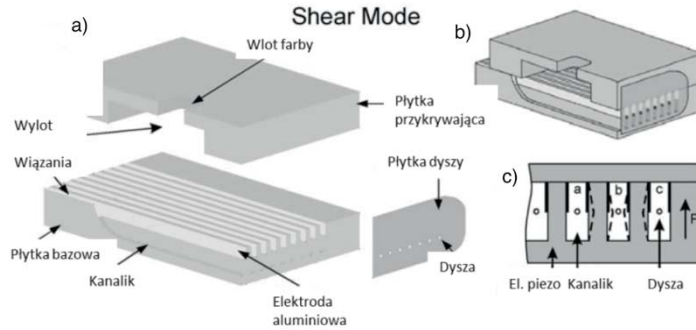
Zupełnie inne rozwiązanie zaproponował Fischbeck. Jest to moduł ścinający, w którym wykorzystuje się silną deformację ścinającą elementu piezoelektrycznego materiału, która deformuje ścianę komory farbowej. Pole elektryczne jest w tym przypadku prostopadłe do kierunku polaryzacji ceramicznego elementu piezo. Na rysunku 3.14d przedstawiono specjalną wersję modułu ścinającego, w której płytka ceramiczna jest jednocześnie płytką kanalikową.



Rys. 3.14. Rodzaje pracy głowic piezoelektrycznych: a – tryb ściskania (squeeze), b – tryb zginania (bend), c – tryb nacisku (push-mode), d – tryb ścinania (shear-mode)

Źródło: *Structure- and Fluid-Dynamics in Piezo Inkjet Printheads*, Herman Wijshoff, Venlo, The Netherlands, 2008, s. 5, http://doc.utwente.nl/58366/1/thesis_Wijshoff.pdf (dostęp z dnia 12.09.2015).

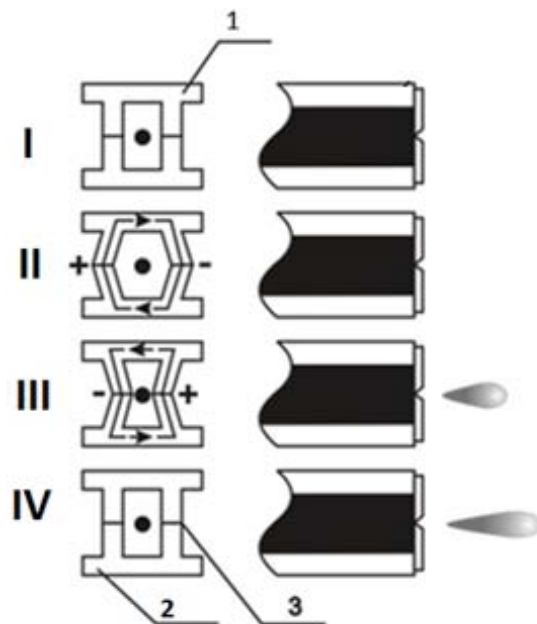
Na rysunku 3.15 przedstawiono głowicę typu *shear-mode*, gdzie 3.15a i 3.15b to widok od wewnątrz, natomiast 3.15c – przekrój poprzeczny. W punkcie *a* elementy pokazane są oddzielnie, natomiast w punkcie *b* – w połączeniu. Ceramiczna płytka bazowa zawiera mnóstwo kanalików farbowych umieszczonych w odległości 137 μm .



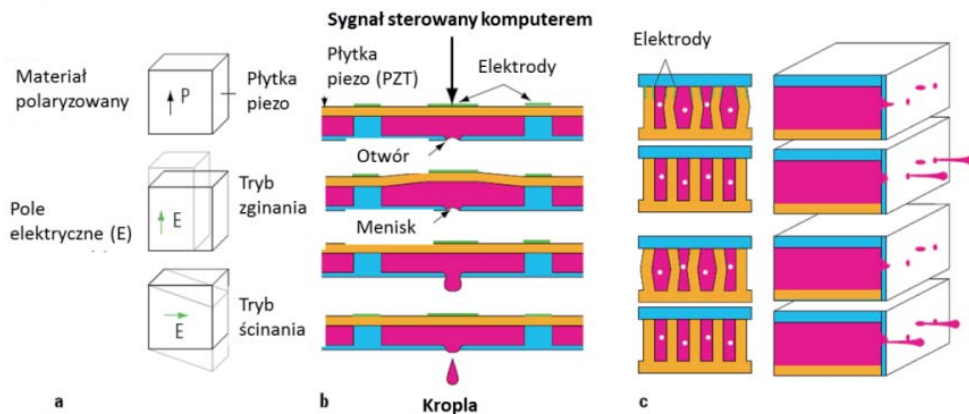
Rys. 3.15. Budowa głowicy pracującej w trybie ścinania (typ shear-mode) – a i b: widok od wewnątrz, c: przekrój poprzeczny

Źródło: Brunahl J., Grishin A.M., *Piezoelectric shear-mode drop-on-demand inkjet actuator*, *Sensors and Actuator*, https://www.researchgate.net/publication/222154311_Piezoelectric_shear_mode_drop-on-demand_inkjet_actuator (dostęp z dnia 25.02.2017).

Zwykle szerokość kanalika wynosi $75\ \mu\text{m}$, a głębokość – $360\ \mu\text{m}$ [8]. Cykl pracy głowicy przedstawiono na rysunku 3.16, natomiast deformację płytek piezoelektrycznych oraz generowanie kropli zobrazowano na rysunku 3.17.



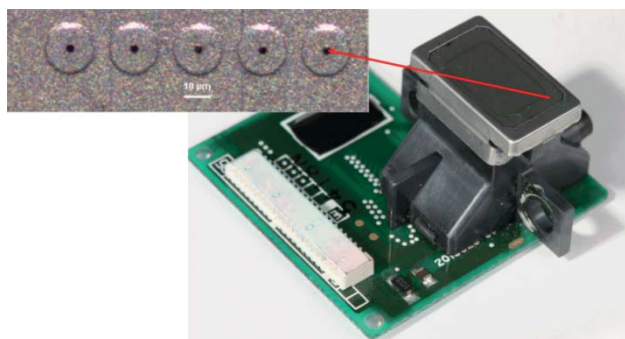
Rys. 3.16. Cykl pracy głowicy typu shear-mode. Etapy pracy: I – gotowość do pracy, II – przyłożenie napięcia sterującego – rozsuwanie się ścian i pobór atramentu, III – zmiana polarności napięcia – wyrzucenie kropli. Zmieniając wielkość napięcia na etapie II i III, można sterować wielkością kropli, IV – powrót do pozycji początkowej. 1 – górna płyta piezoceramiczna, 2 – dolna płyta piezoceramiczna, 3 – miejsce podawania sygnału sterującego
Źródło: Yoshimura K., Kishimoto M., Suemune T., *Inkjet Printing Technology*, *OKI Technical Review*, Vol. 64, 1998, <http://www.oki.com/en/otr/downloads/otr-161-10.pdf> (dostęp z dnia 19.10.2015).



Rys. 3.17. Struktura systemów z piezoelektrycznymi płytkami: a) deformacja płytek piezo-ceramicznych w polu elektrycznym, b) generowanie kropli w trybie ścinania (*shear-mode*), c) formowanie kropli poprzez deformację ścian (*shear mode*)

Źródło: Kipphan H., *Handbook of Print Media*, Springer, Heidelberg 2001, s. 719.

Wygląd głowicy piezoelektrycznej firmy Epson oraz jej dyszy w powiększeniu przedstawiono na rysunku 3.18.



Rys. 3.18. Głowica piezoelektryczna firmy Epson

Źródło: Bruch S., *Digital Imaging*, materiały konferencyjne firmy Sihl, Duren, 2009, s. 20.

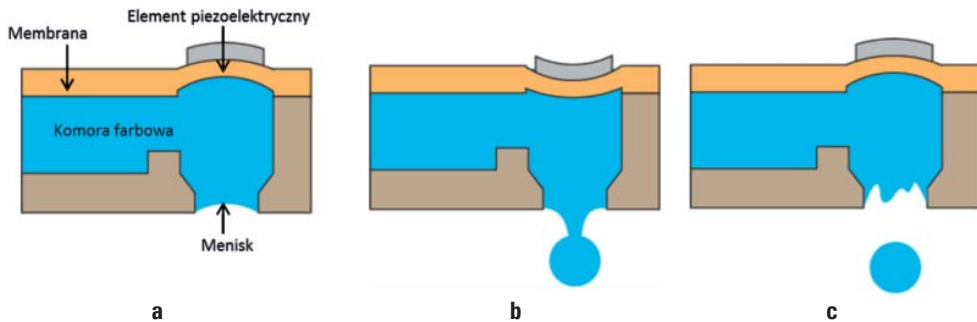
Zalety technologii piezoelektrycznej to:

- duża prędkość drukowania,
- ciągłość pracy nawet przez kilka zmian,
- długotrwała żywotność głowic,
- możliwość wykorzystania farb rozpuszczalnikowych i utrwalanych promieniowaniem UV (fotoutwardzalnych).

Wadą jest wysoki koszt zakupu drukarek, związany z ceną kryształów piezoelektrycznych.

3.3.1.2. Efekt asymetrii w drukowaniu głowicami piezoelektrycznymi

Menisk to zjawisko zakrzywienia powierzchni cieczy w pobliżu ścianek naczynia wywołane napięciem powierzchniowym – może być wypukły lub wklęsły. Kropla farby zostaje wystrzelona wówczas, gdy menisk jest pchnięty i pociągnięty przez membranę, na skutek działania piezoelektrycznego elementu. Element ten zmienia kształt, gdy wysyłany jest do niego sygnał elektryczny (rys. 3.19) [8].



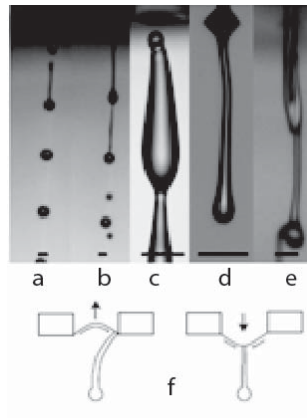
Rys. 3.19. Wygląd menisku w trakcie pracy głowicy: a) stan spoczynku, b) pchnięcie farby generujące kroplę, c) ciągnięcie powodujące uwolnienie kropli

Źródło: *Basic knowledge of inkjet*, materiały konferencyjne firmy Mimaki, 2015, s. 6.

Ze względu na fakt, że drukowanie natryskowe wykorzystywane jest w technologii 3D, w elektronice, w czytnikach typu RFID – niezbędna jest precyzja wystrzeliwania kropli. Problemy w jej osiągnięciu są spowodowane między innymi asymetrią formowania kropli (rys. 3.20). Asymetria ta może przybierać różne formy. Jedna z nich polega na odrzuceniu kropli farby od głównej osi dyszy (rys. 3.20a). Zdarza się również, że od głównej kropli odrywają się mniejsze i tworzą tzw. satelity (rys. 3.20b). Czasami asymetria polega na powstaniu tzw. ogona przy kropli. Ogon może zostać odepchnięty w kierunku krawędzi dyszy (tzw. *hooked tail*, rys. 3.20c) lub pociągnięty do ściany dyszy. W tym drugim przypadku następuje dodatkowo odepchnięcie ogona od głównej osi ściany i jego ugięcie (tzw. *crooked tail*, rys. 3.20d). Jeśli nowa kropla zostaje wyrzucona w bardzo krótkim czasie po utworzonej wcześniej asymetrycznej kropli, wówczas i ona może stać się asymetryczna (rys. 3.20e). Dodatkowo zaobserwowano, że powstały ogon kropli, który jest przyczepiony do menisku, ma predyspozycje do przemieszczania się w kierunku jednego boku dyszy. Finalnie zostaje wycentrowany w trakcie pozycjonowania menisku na zewnątrz dyszy (rys. 3.20f).

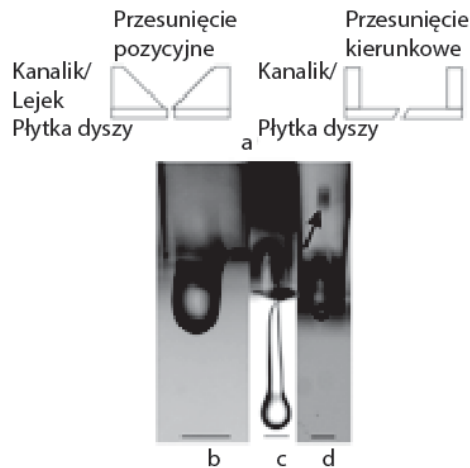
Opisane problemy są związane głównie z asymetrią w geometrii głowicy i dyszy (rys. 3.21a). Również powstałe w dyszy zabrudzenie tworzy swoistą przeszkodę, która zmienia kierunek płynięcia farby (rys. 3.21b). Problemem może być także

zamoczenie płytki dyszy, co uniemożliwia odpowiednie przyczepienie się menisku do jej krawędzi i przyczynia się do asymetrycznego wyrzutu kropli (rys. 3.21c). To z kolei skutkuje utknięciem pozostałych pęcherzyków farby, które rosną pod wpływem dyfuzji. Gdy pęcherzyki stają się za duże (rys. 3.21d), zaczynają absorbować wytwarzaną falę ciśnienia, która prowadzi do nieprawidłowego działania dyszy [9].



Rys. 3.20. Asymetryczne formowanie kropli w różnych głowicach piezoelektrycznych
(czarna linia na fotografiach ma długość 50 μm)

Źródło: Meulen M.-J., Steen P. i inni, *Non-axisymmetric effects in drop-on-demand piezo-acoustic inkjet printing*, Mark-Jan van der Meulen, *Physics of Fluids*, Uniwersytet Twente, Holandia 2014, s. 31.



Rys. 3.21. Przyczyny asymetrii (czarna linia na fotografiach ma długość 50 μm)

Źródło: Meulen M.-J., Steen P. i inni, *Non-axisymmetric effects in drop-on-demand piezo-acoustic inkjet printing*, Mark-Jan van der Meulen, *Physics of Fluids*, Uniwersytet Twente, Holandia 2014, s. 34.

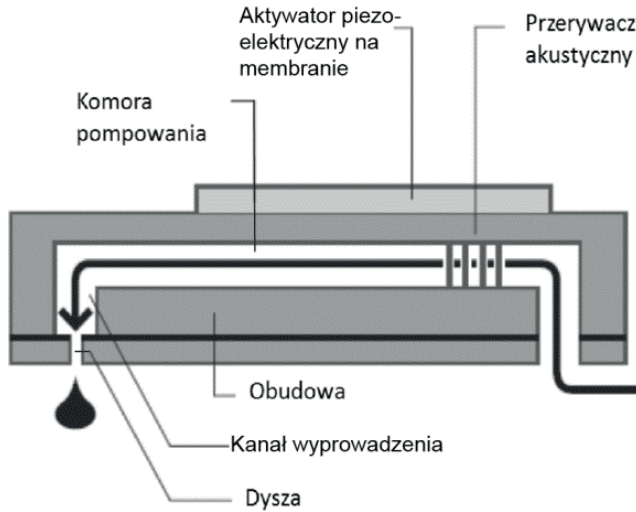
3.3.1.3. Piezoelektryczne głowice drukujące nowej generacji

Odpowiedzią na coraz większe wymagania klientów dotyczące jakości drukowania jest produkcja głowic piezoelektrycznych w ramach Mikro-Elektro-Mechanicznych Systemów, w skrócie MEMS. Za pomocą tego typu głowic możliwe jest precyzyjne podawanie kropli o bardzo małej wielkości. Do produkcji wykorzystuje się płytki krzemowe, zwane również płytkami MEMS. Na jednej z płyt silikonowych metodami MEMS (napyłaniem, suchym trawieniem, metodami ablacji laserowej i in.) wytwarzane są struktury dysz, a na innej – układy sterowania i ewentualnie kanały dla podawania atramentu. Po sklejeniu dwóch płyt uzyskuje się chip, a głowica drukująca składa się z kilka chipów.

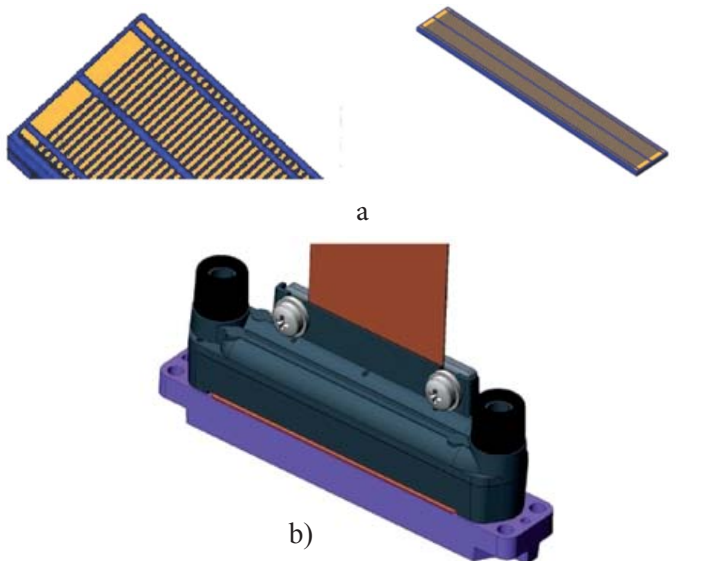
MEMS to zaawansowana technologia przynosząca kluczowe korzyści, takie jak precyzyjnie zdefiniowane i dokładnie ułożone dysze, wysoce zintegrowane struktury podające farbę oraz odporne mechanicznie i obojętne chemicznie urządzenia [10]. Technologia ta pozwala na tanią produkcję głowic drukujących o dużych wymiarach. Zalety tego rozwiązania wykorzystują w swoich głowicach firmy HP, Epson, Fujifilm (Dimatix M-Class z wielkością kropli 1 pl) i inni producenci. Dzięki ultraprecyzyjnemu wytwarzaniu kropli, można uzyskiwać nadruk kropli o średnicy 30 a nawet 10 mikronów [7].

Firma Dimatix produkuje wielkoformatowe głowice M-Class. W module M-Class głowicy Dimatix znajdują się matryce, w których ścieżki ułożone są wzdłuż ich dłuższej krawędzi. Farba płynie do komory pompowania z dołu, przez przerywacz akustyczny (rys. 3.22). Z komory farba przekazywana jest do otworu dyszy kanałem umieszczonym prostopadło do płytki. Dzięki rezonansowi przerywacz akustyczny pozwala zwiększyć amplitudę fali akustycznej. To z kolei umożliwia zmniejszenie wymiarów piezoaktywatora. Na rys. 3.24 pokazano w powiększeniu zdjęcie poszczególnych elementów wykonane za pomocą mikroskopu skaningowego.

Pytki krzemowe w głowicach M-Class spełniają dwie role – materiału stanowiącego konstrukcję głowicy oraz membrany będącej częścią „mechanizmu” napędowego. W pierwszym przypadku, istotną jego cechą jest odporność na działanie substancji chemicznych, takich jak farby wodorozcieńczalne i rozpuszczalniki, kwaśne roztwory. W drugim przypadku ważna jest odporność mechaniczna silikonu. Jego wytrzymałość jest ważna przy deformacji potrzebnej do wygenerowania energii akustycznej odpowiedniej do wystrzeliwania kropli. Natomiast jego sztywność istotna jest do utrzymywania prędkości dźwiękowej w komorze pompowania [11].

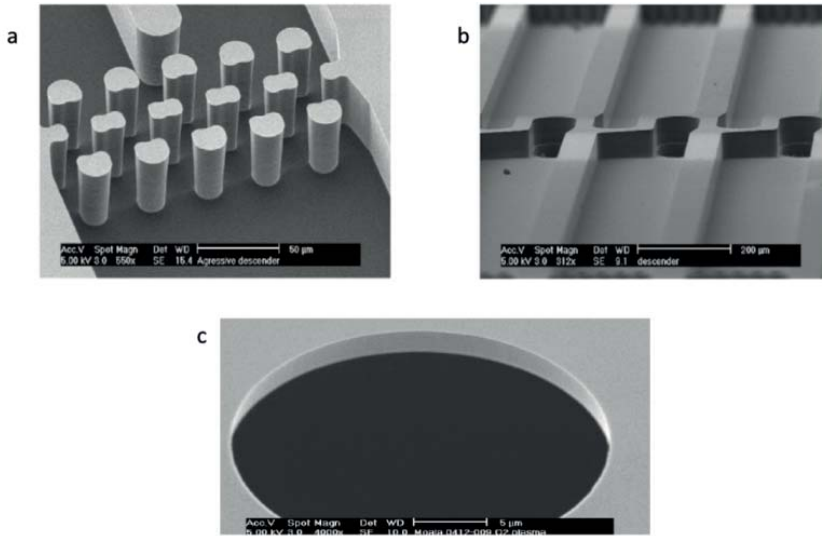


Rys. 3.22. Przekrój poprzeczny przez pojedynczy element wyrzucający krople z głowicy Dimatix
 Źródło: Menzel C., Bibl A., Hoisington P., *MEMS Solutions for Precision Micro-Fluidic Dispensing Application*, https://www.fujifilmusa.com/shared/bin/MEMS_Solutions_Web.pdf (dostęp z dnia 11.02.2017).



Rys. 3.23. Fragment matrycy z elementami i widok na całą matrycę (a) oraz matryca umieszczona w module (b)

Źródło: Menzel C., Bibl A., Hoisington P., *MEMS Solutions for Precision Micro-Fluidic Dispensing Application*, https://www.fujifilmusa.com/shared/bin/MEMS_Solutions_Web.pdf (dostęp z dnia 11.02.2017).

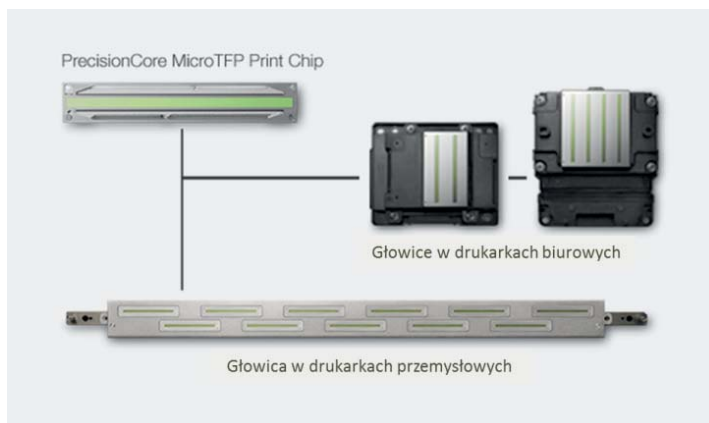


Rys. 3.24. Zdjęcia z mikroskopu SEM: a) przerywacz akustyczny (powiększenie 550×), b) wnętrze komory tłoczenia (powiększenie 312×), c) dysza (powiększenie 1000×)
 Źródło: Menzel C., Bibl A., Hoisington P., *MEMS Solutions for Precision Micro-Fluidic Dispensing Application*, https://www.fujifilmusa.com/shared/bin/MEMS_Solutions_Web.pdf (dostęp z dnia 11.02.2017).

Główce Samba wykonane w technologii MEMS są wykorzystywane nie tylko w maszynach Fujifilm, ale również w nanograficznych urządzeniach Landy, dla których zostały specjalnie zaprojektowane. Charakteryzują się rozdzielczością 1200×1200 dpi oraz czterema skalami szarości. Minimalna wielkość generowanych w nich kropli to 2 pl [12, 13].

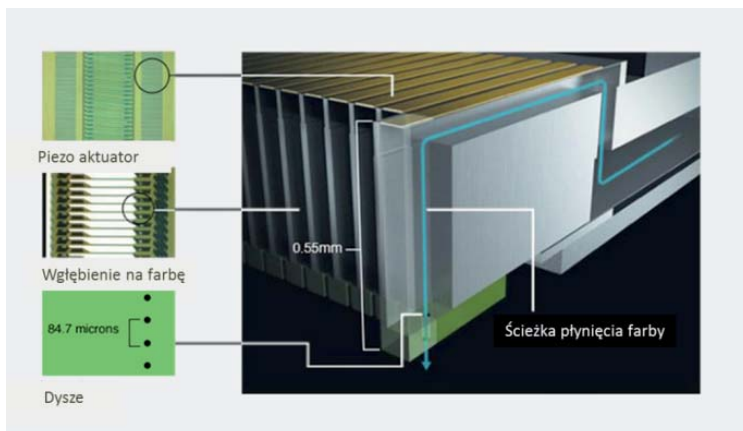
Firma Epson opracowała piezoelektryczne główce PrecisonCore, które stanowią połączenie doświadczenia firmy w tworzeniu systemów MEMS i zaawansowania w dziedzinie inżynierii materiałowej. Główce zawierają specjalny chip drukujący, którego konstrukcja umożliwia drukowanie z bardzo dobrą jakością przy dużych prędkościach. Producent gwarantuje generowanie 40 milionów kropli na sekundę, dzięki chipowi zawierającemu 400 dysz rozmieszczonych w dwóch rzędach (rys. 3.25).

Technologia głowic firmy Epson bazuje na cienkiej warstwie piezo o grubości 1 mikrona, w skrócie MicroTFP (ang. *thin film piezo*). Kryształ piezoelektryczny ugina się przy zastosowaniu napięcia elektrycznego i wyrzuca kroplę atramentu, a im mniejszy jest element piezo, tym bardziej się on ugina. Kryształ piezoelektryczny w głowicy drukującej MicroTFP ma dwa razy większą siłę uginania w porównaniu z oryginalną głowicą drukującą TFP. Precyzja głowic dodatkowo została zwiększona poprzez wydłużenie linijki dysz z 1 do 1,33 cala (ok. 34 mm).



Rys. 3.25. Głowica z chipem PrecisionCore

Źródło: Micro Piezo Technology. PrecisionCore: Advanced Printhead Technology, http://global.epson.com/innovation/core_technology/micro_piezo_2.html (dostęp z dnia 25.02.2017).



Rys. 3.26. PrecisionCore w powiększeniu

Źródło: Epson's Precisioncore Printhead Technology, https://assets.epson-europe.com/eu/precision-core/PrecisionCore_Fact-Sheet.pdf (dostęp z dnia 25.02.2017).

Główce PrecisionCore zostały zastosowane w maszynach Epson SureColor, a możliwa rozdzielczość drukowania mieści się w przedziale od 600 do 2880 dpi [14].

3.3.2. Termiczna technologia

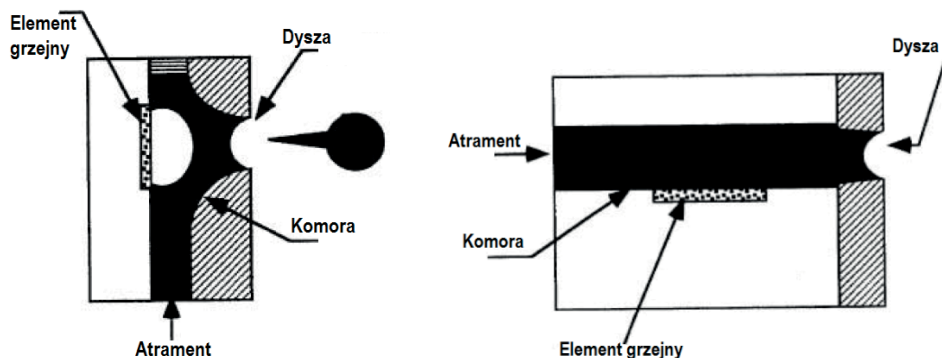
3.3.2.1. Zasady technologii termicznej

Termiczna technologia kropli na żądanie została wynaleziona w firmie Sperry Rand w latach 60. XX wieku. Odkryto, że generowanie kropli może nastąpić poprzez gotowanie wodorozcieńczalnej farby. Tego zjawiska nie analizowano dokładnie aż do lat 70., kiedy to firmy Canon i Hewlett Packard zaczęły nad tym pracować.

W 1979 r. Ichiro Endo i Toshitami Hara z Canona wprowadzili nową głowicę DOD uruchamianą za pomocą pęcherzyka pary wodnej (ang. *bubble*) i opatentowali jako *bubblejet*. Pracując z głowicami piezoelektrycznymi, przypadkowo zauważyli, że wyrzut kropli następuje również poprzez dotknięcie dyszy rozgrzaną lutownicą. Pierwsza drukarka typu *bubblejet* ukazała się na rynku w 1981 roku i było to pierwsze urządzenie w konfiguracji z wyrzutem bocznym (ang. *side-shooter*). Tu kropla wydostawała się z dyszy w kierunku prostopadłym do parującego pęcherzyka. Element grzejny umieszczony został w dolnej lub górnej części komory farbowej (rys. 3.27a). W urządzeniu ImagePrograf PRO-1000 zaprezentowanym w 2015 roku, głowice zawierają prawie 18500 dysz (1536 dysz \times 12 kolorów). Tak duża ilość wynika z faktu zastosowania w urządzeniu systemu wykrywania i kompensacji niedziałających dysz [15]. Takie rozwiązanie zapobiega paskowaniu, czyli błędowi w drukowaniu polegającemu na powstawaniu równomiernie rozmieszczonych prostych linii [3].

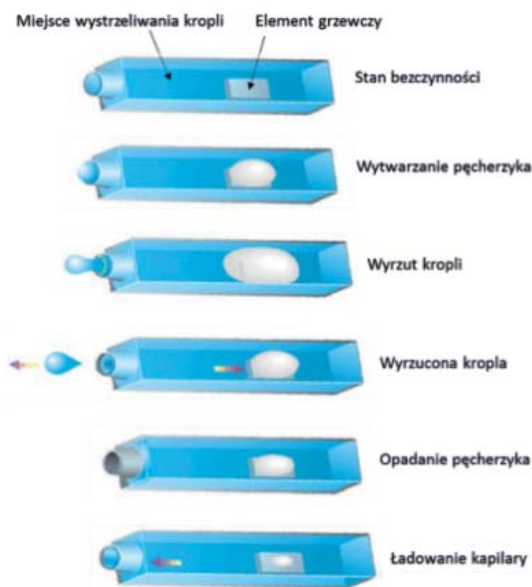
Oprócz firmy Canon, konstrukcje z pęcherzykiem stosuje również Xerox.

W latach 80. XX wieku firma HP opracowała swoją technologię termiczną. John Vaught i Dave Donald, którzy pracowali nad piezoelektrycznymi głowicami typu *squeeze*, zainspirowali się zasadą działania zaparzaczką do kawy. Poprowadziło ich to do stworzenia pierwszego urządzenia generującego niewielkie koszty. Kierunek wystrzeliwania kropli był w tej samej linii, co parujący pęcherzyk, a jego konstrukcja została nazwana z ang. *top-* lub *roof-shooter* (wyrzut górny). W konfiguracji tej element grzejny znajduje się naprzeciwko dyszy (rys. 3.27b). Stosuje ją nie tylko firma HP, ale również Lexmark [1, 3].



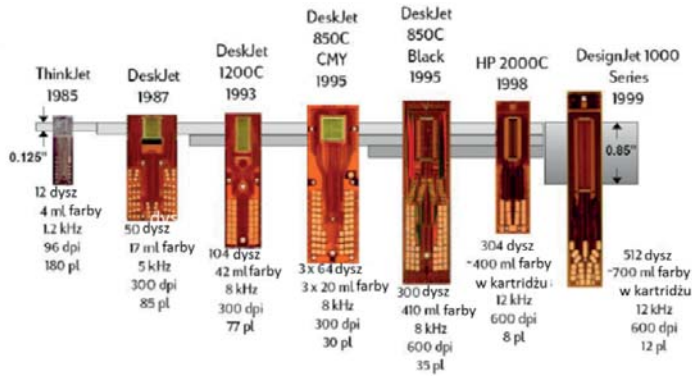
Rys. 3.27. Termiczna głowica drukująca: a – side-shooter, b – roof-shooter
 Źródło: Le H.P., *Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology*, IS&T The Society for Imaging Science and Technology, 1998, <http://www.imaging.org/ist/resources/tutorials/inkjet.cfm> (dostęp z dnia 12.09.2015).

Etapy pracy głowicy termicznej przedstawiono na rysunku 3.28 (z lewej). Zaprezentowano na nim również jej rzeczywisty wygląd (z prawej).



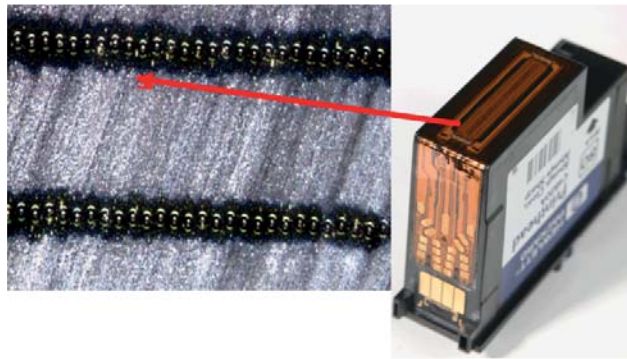
Rys. 3.28. Etapy pracy termicznej głowicy drukującej (z lewej) oraz jej rzeczywisty wygląd (z prawej)
 Źródło: Bruch S., *Digital Imaging, materiały konferencyjne firmy Sihl, Duren 2009, s. 2.*

Technologia termiczna była cały czas udoskonalana. W unowocześnieniach przodowały firmy Canon i HP. Druga z nich sukcesywnie zwiększała liczbę kropli na sekundę poprzez zwiększenie liczby dysz w chipach. Zaczęto od 12, a zwielokrotniono je do 3900 w 2006 roku (rys. 3.29). Wygląd głowicy HP oraz jej dysze w powiększeniu przedstawiono na rysunku 3.21.



Rys. 3.29. Postęp technologiczny głowic HP

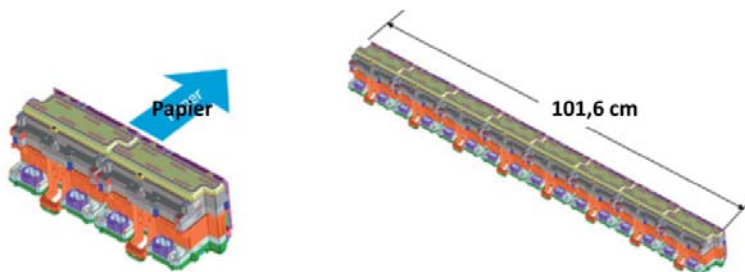
Źródło: Inkjetova tlać, materiały konferencyjne, Pardubice 2008, s. 10.



Rys. 3.30. Wygląd głowicy HP i jej dyszy w powiększeniu

Źródło: Bruch S., Digital Imaging, materiały konferencyjne firmy Sihl, Duren 2009, s. 4.

Głowice termiczne firma HP wykorzystuje również w swoich urządzeniach wielkoformatowych HP PageWide, przeznaczonych głównie do biur projektowych (wydruk dokumentów, map, rysunków technicznych). Zespół drukujący jest nieruchomy, ponieważ stanowi go głowica o szerokości całej strony z dwustu tysiącami dysz. W procesie drukowania przesuwany jest papier, a wymagane pokrycie farbą uzyskuje się w jednym przebiegu (rys. 3.31) [16].



Rys. 3.31. Pojedynczy moduł głowicy (z lewej) oraz cały zespół drukowania (z prawej)

Źródło: HP PageWide XL Technology. Technical white paper; <http://www8.hp.com/h20195/v2/GetPDF.aspx/4AA5-5186ENA.pdf> (dostęp z dnia 25.02.2017).

Zalety technologii termicznej to:

- generowanie nawet bardzo małych rozmiarów kropli (duża rozdzielczość),
- duża gęstość dysz (możliwość produkowania niewielkich urządzeń),
- dość niewielki koszt głowicy.

Do wad tej technologii można zaliczyć:

- ograniczenie rodzajów stosowanych farb do wodorozcieńczalnych (odporne na wysokie temperatury),
- zmniejszona żywotność głowic z uwagi na długotrwałe działanie wysokiej temperatury,
- ograniczenie rodzajów stosowanych podłoży do chłonnych,
- duży koszt zakupu farb,
- ograniczenie możliwości mocowania głowic w różnych pozycjach,
- limitowana wydajność (ze względu na podatność dysz na zapychanie się, prędkość drukowania jest niewielka),
- konieczność umocowania głowic blisko podłoża.

3.3.2.2. Termiczne głowice drukujące nowej generacji

Termiczne głowice nowego pokolenia produkowane są również w technologii MEMS (*Micro Electro-Mechanical Systems*). Zwiększa to dokładność geometryczną ich elementów i umożliwia modułową konstrukcję głowic – ułożenie z pojedynczych modułów głowicy o wymaganej szerokości druku. Przykładem takich głowic są głowice Memjet.

Głowice typu Memjet (rys. 3.32) określane są przez producenta jako głowice pracujące w technologii „wodospadu”, ponieważ w trakcie jej pracy wyrzucają one miliony kropli na sekundę. Zawiera 70 400 dysz, co umożliwia drukowanie z maksymalną rozdzielczością 1600 dpi przy szerokości zadruku 222,8 mm. Głowica pracuje z prędkością 152 mm/s lub 305 mm/s, gwarantując rozdzielczości odpowiednio: 1600×800 dpi i 1600×1600 dpi.



Rys. 3.32. Głowica typu Memjet i jej fragment z rzędami dysz

Źródło: Boa R. Memjet. Avery Dennison Digital Inkjet Conference. 24.11.2015,
<https://www.slideshare.net/Memjet/avery-dennison-masterclass> (dostęp z dnia 11.03.2017).

Średnica kropli farby wynosi 14 mikronów, czyli tyle, ile średnica ludzkiego włosa. Struktura dysz zawiera mniej silikonu niż „tradycyjna” głowica natryskowa, czyli jest tańsza w wykonaniu, co obniża koszt całego urządzenia.

Dysze umieszczone są w chipie w 10 rzędach, a przerwa między chipami wynosi 1 mikron. W celu uniknięcia straty na jakości związanej z mikronową przerwą, na skrajnej prawej krawędzi utworzono elementy mające trójkątny kształt o wielkości 31 mikronów. To z nich w odpowiednim momencie jest wystrzeliwana farba, przez co uzyskuje się płynność pracy głowicy. Dysze wytwarzają krople o objętości 1-2 pl.



Rys. 3.33. Zdjęcie dyszy w 700 i 600-krotnym powiększeniu – widok z góry (z lewej), widok poprzeczny (z prawej)

Źródło: Boa R. Memjet. Avery Dennison Digital Inkjet Conference. 24.11.2015, <https://www.slideshare.net/Memjet/avery-dennison-masterclass> (dostęp z dnia 20.02.2017).

W głowicach typu Memjet w komorze farbowej znajduje się element grzewczy, który powoduje wystrzeliwanie farby przy zużyciu energii 170 nJ. Zaraz po opuszczeniu komory przez kroplę, wpływa chłodniejsza porcja farby, która momentalnie wychładza komorę. Dzięki temu w dyszach utrzymywana jest temperatura wyższą tylko o 20°C względem otoczenia [17]. Głowice Memjet są głowicami typu Single Pass (patrz rozdział 4.1.). Technologia Memjet wykorzystywana jest w maszynach ColorWave firmy Canon (dawne Océ), urządzeniach Vortex firmy Rigoli SRL oraz w Excelagraphics firmy Xanté.

Literatura

- [1] Wijshoff H., *The dynamics of the piezo inkjet printhead operation*, [w:] Physics Reports 491, 2010, ss. 77-177.
- [2] Czichon H., Czichon M., *Reprografia i drukowanie cyfrowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [3] Khadzhynova S., Jakucewicz S., *Sposoby drukowania cyfrowego*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2016.
- [4] Uarowa R., *Osnovy cyfrowoj pieczati*, MGUP, Moskwa 2011.
- [5] Kodak UltraStream White Paper, materiały informacyjne firmy Kodak, Rochester 2016.
- [6] Kriss M. i inni, *Handbook of Digital Imaging*, John Wiley & Sons, Chichester 2015.

- [7] Magdassi S., *The Chemistry of Inkjet Inks*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2010.
- [8] Brunahl J., Grishin A.M., *Piezoelectric Shear-Mode Drop-on-Demand Inkjet Actuator*, Sensors and Actuator, 2014, https://www.researchgate.net/publication/222154311_Piezoelectric_shear_mode_drop-on-demand_inkjet_actuator (dostęp z dnia 11.02.2017).
- [9] Meulen M.-J., Steen P. i inni, *Non-axisymmetric effects in drop-on-demand piezo-acoustic inkjet printing*, Mark-Jan van der Meulen, Physics of Fluids, Uniwersytet Twente, Holandia 2014.
- [10] Kato Y., *Fujifilm Group's Inkjet Printhead and Technology*, FUJIFILM Research & Development, No. 59, 2014, http://www.fujifilm.com/about/research/report/059/pdf/index/ff_rd059_007_en.pdf (dostęp z dnia 11.02.2017).
- [11] Menzel C., Bibl A., Hoisington P., *MEMS Solutions for Precision Micro-Fluidic Dispensing*, https://www.fujifilmusa.com/shared/bin/MEMS_Solutions_Web.pdf (dostęp z dnia 11.02.2017).
- [12] Zwang D., *Inkjet drupa 2016 – continuing the story – Fujifilm*, <http://whattheythink.com/articles/80357-inkjet-drupa-2016-continuing-story-fujifilm/> (dostęp z dnia 25.02.2017).
- [13] Zwang D., *Inkjet drupa 2016 – continuing the story – Landa*, <http://whattheythink.com/articles/79607-inkjet-drupa-2016-continuing-story-landa/> (dostęp z dnia 25.02.2017).
- [14] Epson's Precisioncore Printhead Technology, https://assets.epson-europe.com/eu/precision-core/PrecisionCore_Fact-Sheet.pdf (dostęp z dnia 18.03.2017).
- [15] ImagePrograf PRO Series: PRO-1000/2000/40000, <http://canonproprinters.com/imgs/PRO-Series-Brochure.pdf> (dostęp z dnia 25.02.2017).
- [16] HP PageWide XL Technology. Technical white paper, <http://www8.hp.com/h20195/v2/GetPDF.aspx/4AA5-5186ENA.pdf> (dostęp z dnia 25.02.2017).
- [17] Revolutions in Print, https://www.memjet.com/images/uploads/press_downloads/Office%20Printer%20History%20Info-Graphic.pdf (dostęp z dnia 11.03.2017).

4. KONSTRUKCJA I PARAMETRY GŁOWIC DRUKUJĄCYCH

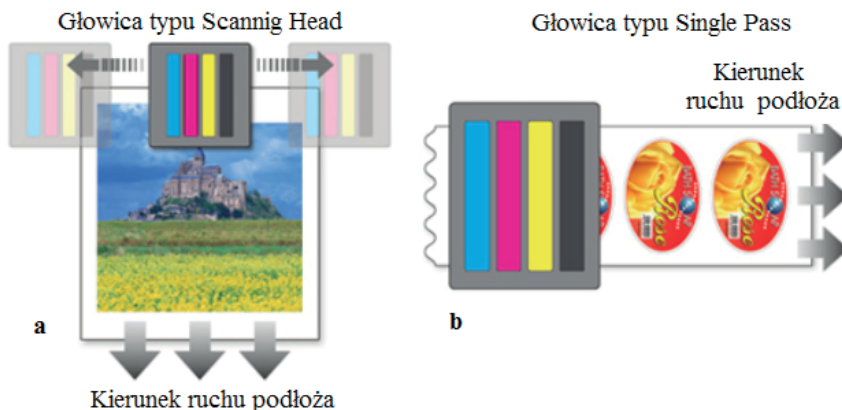
4.1. Głowice typu Scanning Head i Single Pass

W urządzeniach drukujących natryskowych są stosowane dwa typy głowic drukujących – SinglePass oraz Scanning Head.

Pierwsze urządzenia do drukowania natryskowego posiadały głowice typu Scanning Head, na przykład drukarki biurowe. Proces drukowania za pomocą takich głowic polega na tym, że – przemieszczając się ruchem posuwisto-zwrotnym w poprzek do ruchu podłoża zadrukowywanego – głowica zadrukowuje wąski pas obrazu. Następnie przemieszcza się podłoże i głowica wykonuje kolejny cykl. We współczesnych modelach drukarek i urządzeniach wielofunkcyjnych, szerokość strefy zadruku w jednym przejściu głowicy wynosi od 10 do 25 mm. Aby zadrukować w taki sposób arkusz formatu A4, głowica wykonuje kilkadziesiąt cykli. Takie mechanizmy drukujące charakteryzują się niską wydajnością, rzędu 150 m²/godz. Dlatego taki typ głowic znajduje zastosowanie zwykle w urządzeniach wielkoformatowych i tam, gdzie wydajność nie jest najważniejsza.

Zwiększenie wydajności można osiągnąć zwiększając częstotliwość generowania kropeł i/lub zwiększając szerokość strefy zadruku. Problem polega na tym, że potencjał dalszego zwiększenia tych parametrów praktycznie jest wyczerpany. Co się tyczy pierwszego rozwiązania, to obecnie częstotliwość generacji kropeł w technologii CIJ wynosi 50-500 kHz, w technologii PIJ – 4-60 kHz, a w technologii TIJ – 1,5-50 kHz. Kilka lat temu firma Epson opracowała głowicę drukującą PrecisionCore Micro TFP, która potrafi generować krople z częstotliwością do 50 kHz. Ale, jak twierdzą przedstawiciele firmy, ten projekt był najdroższy w historii firmy. Poza tym koszt produkcji takich głowic jest wysoki i z tego powodu ich stosowanie jest uzasadnione tylko w wysokowydajnych urządzeniach drukujących. Co się tyczy szerokości strefy zadruku, to maksymalne znaczenie tego parametru ograniczone jest parametrami wytrzymałościowymi stosowanych materiałów [1].

Rozwiązaniem tego problemu była rezygnacja z ruchomej głowicy. Tam, gdzie konieczne jest uzyskanie najwyższych wydajności, stosuje się głowice stałe typu Single Pass. Szerokość takiej głowicy jest równa szerokości podłoża zadrukowywanego, a głowica w trakcie drukowania jest nieruchoma, przemieszcza się tylko materiał zadrukowywany. Maszyny drukujące w tej technologii uzyskują wydajność drukowania zbliżoną do wydajności maszyn konwencjonalnych.



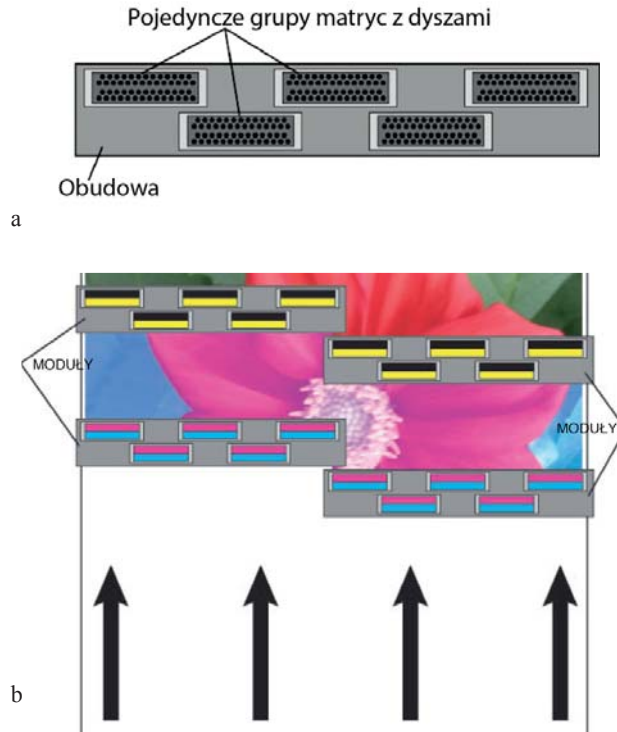
Rys. 4.1. Głowica typu Scanning Head (a) oraz Single Pass (b)

Źródło: *Inkjet Dictionary*, <http://www.konicaminolta.com/inkjet/technology/term.html> (dostęp z dnia 02.03.2016).

Głowice tego typu są stosowane w urządzeniach do drukowania nakładowego książek, gazet, etykiet i opakowań giętkich, materiałów reklamowych, druków transpromocyjnych i in. [2].

Konstrukcja głowicy Single Pass wymagała rozwiązania kolejnego zadania: wynalezienia sposobu uzyskania głowicy o bardzo dużej szerokości. Najnowsze urządzenia do druku nakładowego, na przykład do zadruku tektury falistej, posiadają głowice typu Single Pass o szerokości zadruku do 160-180 cm, a zwojowa maszyna HP PageWide może zadrukowywać podłoże o szerokości do 290 cm. Rozwiązaniem była modułowa budowa głowicy: pojedyncze moduły układa się w linie o wymaganej szerokości. Z kolei każdy pojedynczy moduł posiada kilka chipów-matryc z dyszami (rys. 4.2). Na przykład typowy dla HP PageWide moduł posiada szerokość 108 cm i zawiera pięć zmontowanych na wspólnej płycie głowic (chipów). Każdy chip ma szerokość ok. 25 mm. i zawiera od 2100 do 4200 dysz [3]. Na rys. 4.3 przedstawiono modułową konstrukcję głowicy Fujifilm Dimatix Samba.

Technologia drukowania natryskowego za pomocą głowic typu Single Pass rozwija się i – oprócz typowo poligraficznych zastosowań – wykorzystuje się ją w druku przemysłowym (zadruk tkanin, paneli podłogowych, meblowych i in.).



Rys. 4.2. Pojedynczy moduł (a) głowicy drukującej składający się z pięciu chipów-matryc z dyszami oraz schemat zadruku (b) za pomocą głowicy Single Pass
 Źródło: Asmakow S., *Технологии струйной печати: эволюция продолжается*, *Compuart* nr 6, 2014, <http://compuart.ru/article/24723> (dostęp z dnia 05.05.2017).



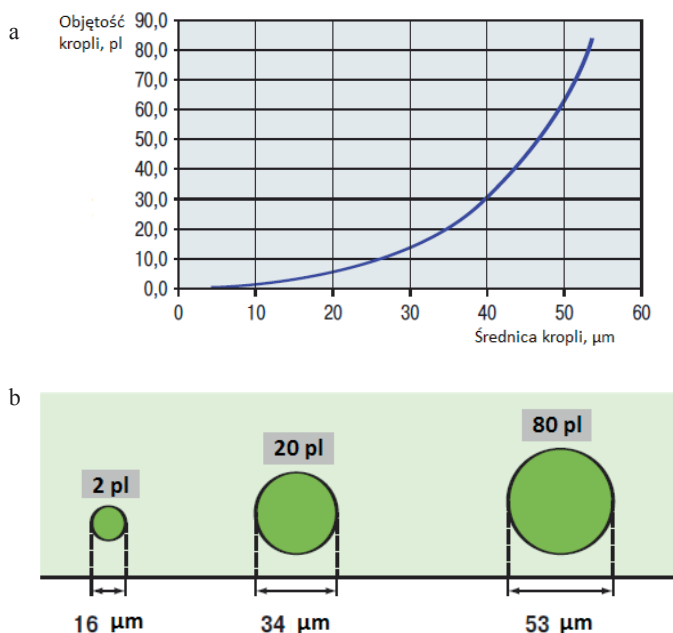
Rys. 4.3. Modułowa konstrukcja głowicy Fujifilm Dimatix Samba
 Źródło: Fujifilm Jet Press 720 – the Future of Short-Run Print, <http://adcomms.co.uk/media-centre/fujifilm/fujifilm-jet-press-720-the-future-of-short-run-print> (dostęp z dnia 05.05.2017).

4.2. Podstawowe parametry głowic drukujących

Do podstawowych parametrów natryskowych głowic drukujących należą: wielkość kropli, rozdzielczość oraz szybkość drukowania. Wstępnie przedstawiono je przy okazji charakterystyki poszczególnych rodzajów głowic. W niniejszym podrozdziale zagadnienia te zostaną omówione bardziej szczegółowo.

4.2.1. Wielkość kropli

Wielkość nadrukowanej kropli (średnica) zależy od objętości kropli, która została wygenerowana przez głowicę drukującą, jak również od właściwości atramentu i materiału podłoża. Mniejsza objętość kropli daje mniejszą średnicę nadrukowanego punktu. Objętość kropli w drukowaniu natryskowym określa się w pikolitrach (pl, $1 \text{ pl} = 10^{-12} \text{ l}$), a wielkość nadrukowanej kropli – średnicę – w mikrometrach (μm). Zależność pomiędzy średnicą nadrukowanej kropli a jej objętością nie jest liniowa i jest zilustrowana na rys. 4.4.



Rys. 4.4. Zależność pomiędzy objętością a średnicą nadrukowanej kropli

Źródło: Dietlew S., *Strujana technologia pieczęci dostigajet zrieliosti, Pieczatnyj montaż, nr 8, 2006*, http://www.circuitry.ru/files/article_pdf/2/article_2439_173.pdf (dostęp z dnia 03.03. 2015).

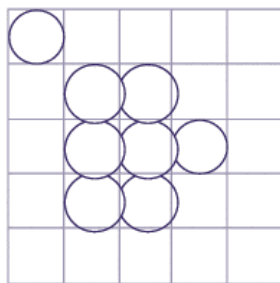
O tym, jaka średnica kropli sprawdza się najlepiej w drukowaniu, zależy od charakteru pracy. Małe objętości w praktyce wykorzystuje się przy mikrodruku, w elektronice drukowanej oraz we wszystkich zleceniach wymagających dobrej czytelności tekstu o niewielkim stopniu pisma, natomiast duże objętości kropli to dobre rozwiązanie w wydrukach wielkoformatowych.

4.2.2. Tryb Greyscale

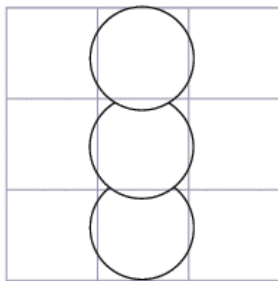
W zależności od tego, czy głowica generuje krople jednakowej czy różnej wielkości, można wyróżnić trzy rozwiązania: głowice binarne, które generują krople stałej wielkości; głowice typu Greyscale, pracujące jak binarne – mogą generować krople o kilku wielkościach, ale każda z prac może być drukowana tylko ze stałą wielkością kropli; głowice Greyscale, drukujące ze zmienną wielkością kropli (rys. 4.5). Każde z takich rozwiązań ma swoje zalety i wady, i trzeba je rozpatrywać w połączeniu z innym elementami całego systemu drukującego, takimi jak rodzaj stosowanego atramentu czy przeznaczenie urządzenia [4].

Z kolei druk ze zmienną wielkością kropli (tryb Greyscale) może być realizowany w dwóch wariantach. W pierwszym z nich różną wielkość kropli uzyskuje poprzez łączenie kilku kropel podstawowej wielkości. Taka technologia przy drukowaniu zmienną wielkością kropli będzie mniej wydajna w stosunku do trybu binarnego, ponieważ potrzebuje więcej czasu na generację większych kropel. W drugim wariancie – tzw. tryb True Greyscale – w zależności od impulsu sterującego – uzyskuje się różną deformację elementu piezoelektrycznego, efektem czego jest wyrzucenie większej lub mniejszej objętościowo kropli z głowicy. Druk ze zmienną wielkością kropli zapewnia wysoką jakość. W przypadku technologii drukowania ze zmienną wielkością kropli głowice drukujące mogą generować krople różnej objętości, dostosowane do potrzeb konkretnego obszaru obrazu drukowanego. Dzięki temu oprogramowanie RIP może określać odpowiednią wielkość kropli, w zależności od charakterystyki drukowanego obrazu. Gdy odwzorowywane są drobne szczegóły w tonach, drobny tekst lub cienkie linie, wykorzystywane są krople o bardzo małej objętości (rys. 4.6). Natomiast podczas drukowania obszarów, które mają wyróżniać się dużym nasyceniem, jak np. aple, są stosowane krople o dużej wielkości. Dodatkową zaletą takich systemów jest oszczędność farby, ponieważ do uzyskania jasnych pól nie trzeba wykorzystywać jasnych farb, a po prostu zmniejszyć generowane krople. Dzięki temu zużywa się do 30% mniej farby niż w systemach binarnych z atramentami typu „light” [5].

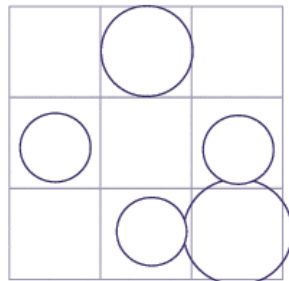
Wielkość punktu oraz ilość atramentu przypadająca na poszczególny punkt różnią się u poszczególnych producentów. Na przykład w serii ploterów Océ Arizona wykorzystuje się technologię zmiennej wielkości kropli – Océ VariaDot – która umożliwia generację siedmiu wielkości kropli, co daje osiem poziomów odcieni w nadruku (siedem poziomów objętości kropli plus poziom/odcień niezadrukowanego podłoża). Głowice Xaar 1002 GS6 również umożliwiają drukowanie z ośmioma poziomami – siedem wielkości objętości kropli w granicach od 6 do 42 pl plus poziom/odcień niezadrukowanego podłoża (rys. 4.8), natomiast głowice Kyocera drukujące z rozdzielczością 300 dpi umożliwiają uzyskanie 5 odcieni [6, 7].



Krople jednakowej wielkości
(wysoka rozdzielczość)



Krople jednakowej wielkości
(niska rozdzielczość)



Krople zmiennej wielkości

Rys. 4.5. Nadruk z kroplą jednakowej i zmiennej wielkości

Źródło: Burton J., *Foundations of Inkjet Head Technology. The SGIA Journal*, nr 3-4, 2013, ss. 31-34, http://www.nxtbook.com/sgia/Journal/J_v17i2_2/index.php?startid=31#34 (dostęp z dnia 10.10.2015).



Rys. 4.6. Wpływ trybu Greyscale na jakość tekstu

Źródło: Mark R., *Print quality requirements for single-pass inkjet printing – the whole picture*, Xaar, 4.01.2015, <http://www.xaar.com/en/MediaDocuments/Print-quality-white-paper.pdf> (dostęp z dnia 04.02.2016).



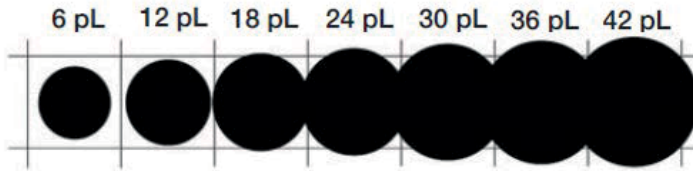
a



b

Rys. 4.7. Porównanie tego samego wydruku wykonanego w trybie binarnym (a) i Greyscale (b)

Źródło: Van Daele J., *Agfa moves to lead in Industrial Inkjet Printing* 16.06.20, http://www.agfa.com/corporate/wpcontent/uploads/sites/2/2016/11/analyst_event_inkjet_june2015_c_tcm582-24744.pdf (dostęp z dnia 11.03.2017).



Rys. 4.8. Poziomy wielkości kropli (tryb Greyscale)

Źródło: Mark R., *Print quality requirements for single-pass inkjet printing – the whole picture*, Xaar, 4.01.2015, <http://www.xaar.com/en/MediaDocuments/Print-quality-white-paper.pdf> (dostęp z dnia 04.02.2016).

W trybie Greyscale występuje tzw. efektywna rozdzielczość obrazu, która związana jest z postrzeganiem przez oko ludzkie rozdzielczości większej niż jest w rzeczywistości (niż fizyczna rozdzielczość głowicy). Zależność między tymi wartościami przedstawia wzór:

$$R_{ef} = A \sqrt{g}$$

gdzie: R_{ef} – efektywna (postrzegana) rozdzielczość obrazu;

A – fizyczna rozdzielczość głowicy drukującej;

g – poziomy odcieni (w tym odcień niezadrukowanego podłoża) [8].

Tabela. 4.1. Zależność pomiędzy rozdzielczością głowicy drukującej a efektywną rozdzielczością nadruku uzyskanego w technologii Greyscale

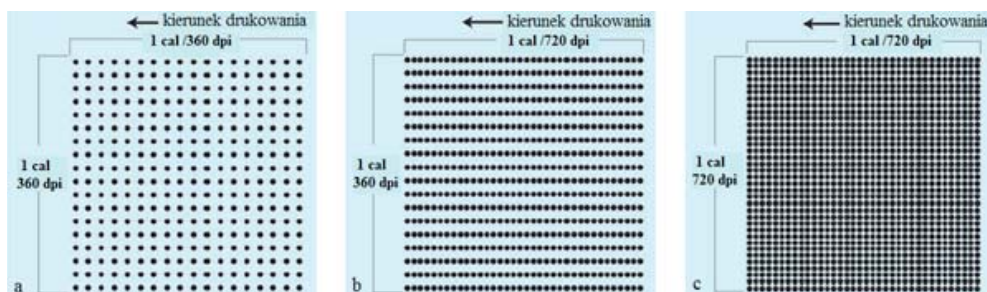
Rozdzielczość głowicy drukującej [dpi]	Poziomy szarości	Efektywna rozdzielczość [dpi]
360	8	1018
600	5	1341
600	2	848
720	4	1440

Źródło: [8].

4.2.3. Rozdzielczość

Wartość rzeczywistej rozdzielczości (ang. *native resolution*) głowicy wynika z liczby dysz wykonanych na jednostkę długości głowicy i określa się ją w jednostkach dpi – liczba punktów na cal (ang. *dot per inch*). Producenci głowic drukujących dążyli do uzyskania jak największej rozdzielczości i w momencie, kiedy głowice osiągnęły fizyczną rozdzielczość na poziomie 600-720 dpi (a w przypadku niektórych głowic nawet 1200 dpi), przed producentami powstał problem – nie dało się zmniejszyć rozmiaru nadruku kropli, a dokładność pozycjonowania kropli była kilkakrotnie większa. Z tego powodu próbowano doprecyzować pozycjonowanie

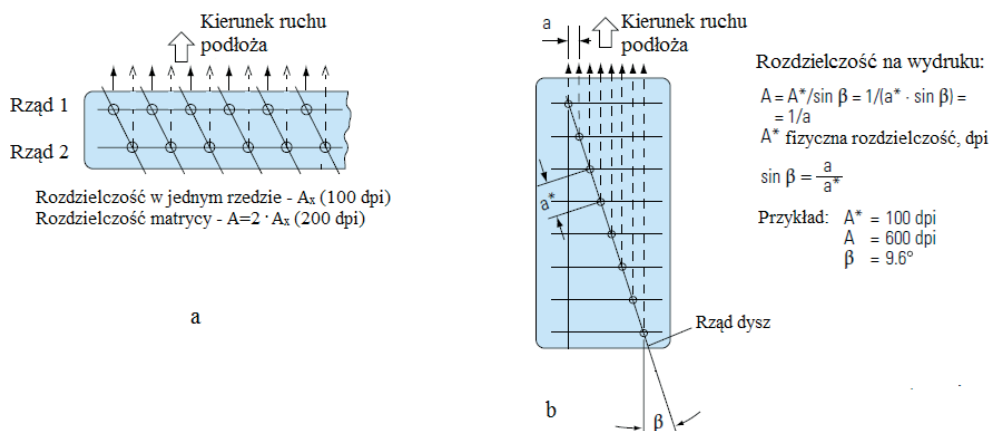
kropli i w taki sposób zwiększyć rozdzielczość nadruku (rys. 4.9). Dokładniejsze pozycjonowanie pozwoliło na zwiększenie rozdzielczości, na przykład z początkowej 360 dpi (rys. 4.9a) do 720 dpi (rys. 4.9b i 4.9c).



Rys. 4.9. Etapy zwiększania rozdzielczości nadruku

Źródło: Ritchie M., *Print Quality Requirements for Single-Pass Inkjet Printing – the Whole Picture*. Xaar, 4.01.2015, <http://www.xaar.com/en/MediaDocuments/Print-quality-white-paper.pdf> (dostęp z dnia 04.02.2016).

Dzięki wytwarzaniu matryc na bazie pojedynczych głowic lub rozmieszczeniu ich pod kątem względem kierunku ruchu podłoża, można również uzyskać rozdzielczość wyższą od fizycznej (rys. 4.10). Urządzenia firmy Epson osiągają w ten sposób rozdzielczość 5760×1440 dpi, a HP i Canon 4800×1200 dpi. Dla porówniania, największa fizyczna rozdzielczość głowic natryskowych wynosi 1200 dpi, taką rozdzielczością charakteryzuje się na przykład głowica drukująca Fujifim Dimatix Samba.



Rys. 4.10. Sposoby zwiększenia rozdzielczości w głowicach drukujących:

- a – matryca składająca się z dwóch rzędów dysz, które są przesunięte względem siebie o połowę odległości między dyszami,
- b – rozmieszczenie głowicy pod kątem względem kierunku ruchu podłoża

Źródło: Kipphan H., *Handbuch der Printmedien*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2001, s. 25.

Literatura

- [1] Asmakow S., *Tiechnologii strujnoj pieczati: ewolucja prodolzajetsia*, Compuart nr 6, 2014, <http://compuart.ru/article/24723> (dostęp z dnia 20.03. 2017).
- [2] Baur M., *Zastosowanie najnowszych osiągnięć technologii druku cyfrowego w przemyśle opakowaniowym*, Druk cyfrowy i okolice – nowe technologie, rozwiązania i możliwości. Konferencja Poligraficzna, 07.10.2008, Warszawa, Polska Izba Druku, ss. 17-20.
- [3] Weiss R., *Odnoprochodnaja riwolucja w szerokim formacie*, Publish, nr 12, 2015, https://www.publish.ru/articles/201512_20013502 (dostęp z dnia 20.03.2017).
- [4] Burton J., *Foundations of Inkjet Head Technology*, The SGIA Journal, No. 3-4, 2013, ss. 31-34, http://www.nxtbook.com/sgia/Journal/J_v17i2_2/index.php?startid=31#/34 (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [5] The Benefits of Greyscale: the DPI Battle Ends, Efi, Foster City, 2012, <http://www.officeproductnews.net/sites/default/files/EFIwp.pdf> (dostęp z dnia 14.02.2017).
- [6] Océ Arizona 6100 Series UV flatbed printers, https://csa.canon.com/online/wcm/connect/csa/ba9b5481-8080-4a6d-a7ce87cc1d242069/Arizona_6100_Spec_Sheet.7.14.W.pdf?MOD=AJPERES (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [7] Edwards J., *Drukowanie ze zmienną wielkością kropli*, Poligrafika, nr 4, 2009 ss. 48-50.
- [8] Mark R., *Print Quality Requirements for Single-Pass Inkjet Printing – the Whole Picture*, Xaar, 4.01.2015, <http://www.xaar.com/en/MediaDocuments/Print-quality-white-paper.pdf> (dostęp z dnia 04.02.2016).

5. URZĄDZENIA DO DRUKOWANIA NATRYSKOWEGO

W zakresie drukowania natryskowego istniało kilka czynników hamujących rozwój tej technologii – ograniczony zakres podłoży możliwych do zadruku w urządzeniach natryskowych; niedostateczna jakość nadruku odbitek; za mała wydajność natryskowych maszyn cyfrowych. Najnowsze maszyny drukowania natryskowego, które pojawiły się w ostatnim czasie, prezentują wysoki poziom jakości na szerokiej gamie podłoży. Wydajność maszyn i format zadruku ciągle się zwiększają. Pojawiły się maszyny drukujące w formacie B1 – KBA Varijet 106, Heidelberg Primefire 106 czy Landa S10 i in. Problem zadruku różnorodnych podłoży firmy rozwiązują w różny sposób: opracowywane są nowe rodzaje atramentów umożliwiających jakościowy nadruk na różnych rodzajach podłoży lub stosuje się przygotowanie podłoży przed drukiem, np. nanoszenie primera in-line w maszynie. Jeszcze jeden trend, obserwowany ostatnio u producentów przy konstruowaniu maszyn cyfrowych natryskowych, to zawieranie partnerskich umów i wspólne opracowywanie nowych maszyn drukujących. Kilka takich wspólnych projektów zostało zaanonsowanych na targach drupa 2016. Należą do nich – wspólny projekt KBA i Xerox dotyczący stworzenia arkuszowej maszyny natryskowej VariJet 106 formatu B1 na bazie maszyn Rapida 106 i Impika, przeznaczonej dla zadruku opakowań z tektury, jak również perspektywiczny technologiczny tandem Screen i BHS Corrugated Maschinen, który ma za zadanie produkcję systemu drukowania cyfrowego wielkoformatowego dla bezpośredniego drukowania na tekturze falistej. Do takich projektów należy również wspólne opracowanie Hewlett-Packard i KBA – zwojowa maszyna natryskowa dla zadruku linerów – HP PageWide T1100S [1].

5.1. Arkuszowe i zwojowe maszyny natryskowe do drukowania nakładowego

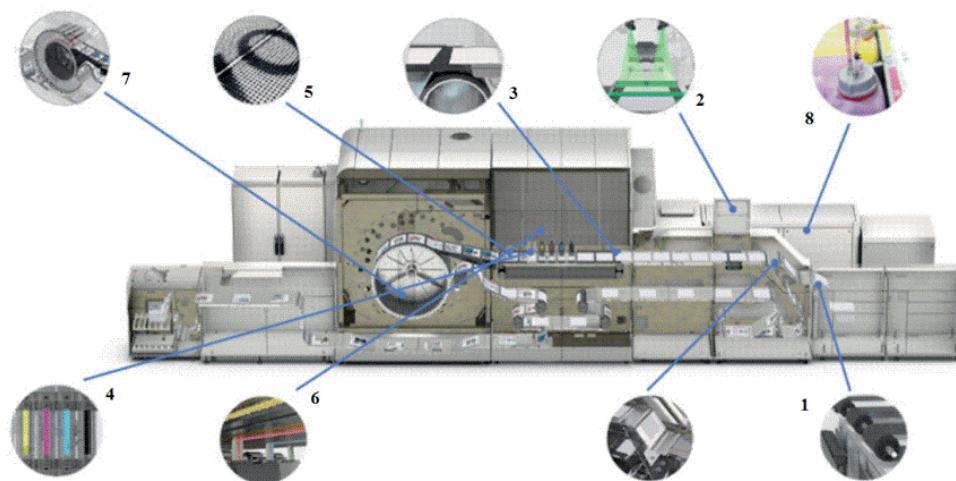
Maszyny do komercyjnego druku nakładowego można podzielić na arkuszowe i zwojowe. Maszyny takie charakteryzują się wysoką wydajnością i są przeznaczone do dużych obciążeń miesięcznych. Wyposażone są w głowice drukujące typu Single Pass.

Zwojowe maszyny natryskowe dla drukowania dwustronnego mogą konkurować z drukowaniem offsetowym w zakresie tradycyjnej produkcji wydawniczej (książki, czasopisma i gazety), a nawet wysokojakościowej reklamowej. Konkurencja ta jest związana ze zmniejszeniem się nakładów w tym sektorze drukowania.

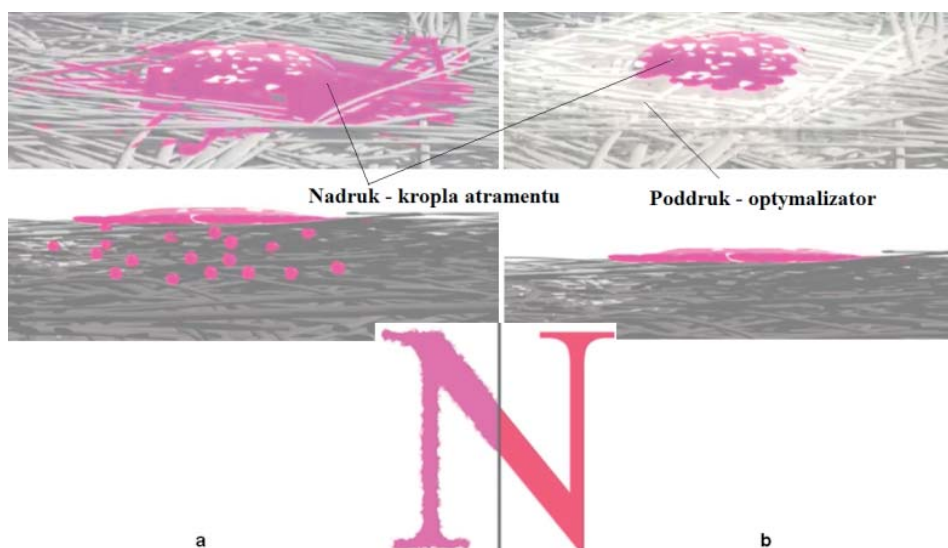
Zazwyczaj do drukowania produkcji wydawniczej stosowane są maszyny drukujące dwustronnie w jednym przebiegu. W tym segmencie rynkowym zmniejszyła się ostatnio sprzedaż maszyn elektrofotograficznych, które obecnie zorientowane są głównie na rynek etykiet i opakowań (maszyny HP Indigo i Xeikon). Wg informacji IDC w 2014 spadła sprzedaż maszyn zwojowych elektrofotograficznych kolorowych i monochromatycznych – odpowiednio na 51,1% i 32,1%. Uwzględniając prognozy średniorocznego wzrostu na 2,4% do 2018 r. ten sektor rynku będzie uzupełniać się cyfrowymi maszynami natryskowymi [2]. Do producentów natryskowych maszyn cyfrowych należą takie firmy, jak Canon, Screen, Kodak, HP, Xerox, KBA, a niedawno dołączyła firma Domino z maszyną monochromatyczną. Największą liczbą instalacji może pochwalić się firma Canon – 1000 maszyn zwojowych natryskowych, włączając maszyny Océ.

Natryskowe maszyny arkuszowe prezentowane są w różnych formatach zadruku. W formacie A3 lub B3 drukują takie maszyny, jak Canon Océ VarioPrint i300, Xerox Brenva HD i Delphax elan 500. Przykładem maszyn drukujących w formacie B2 są maszyny: Fujifilm JetPress 720S, Screen Truepress JetSX, Komori Impremia IS29, Konica Minolta KM-1. W ostatnich latach pojawiły się arkuszowe maszyny formatu B1, które w dużej mierze nastawione są na rynek opakowaniowy i reklamowy: Heidelberg Primefire 106, Landa S10, Komori Impremia NS40. W niniejszym rozdziale przedstawiono wybrane modele maszyn natryskowych przeznaczonych do druku nakładowego firm Canon, Fujifilm, Heidelberg, KBA, Komori, Konica Minolta, Landa Corporation, Screen, Xerox i in. Większość omówionych maszyn pozwala na zadruk podłożu formatu B2 lub większym.

Canon. Firma posiada serie maszyn formatu B3 i-Series: Canon Océ VarioPrint i300 i najnowszy model Canon Océ VarioPrint i200. Są to maszyny arkuszowe drukujące z wydajnością odpowiednio 300 str./min i 200 str./min. W obydwu maszynach wykorzystuje się kontroler PRISMAsync, technologię głowic drukujących ColorStream oraz technologię Océ iQuarius, która umożliwia sterowanie pozycjonowaniem i podawaniem papieru z wykorzystaniem strumienia powietrza, sterowanie procesem suszenia druków oraz wykrywanie i zastępowanie zapchanych dysz w trakcie drukowania. Maszyny posiadają opcję ColorGrip, która polega na nanoszeniu optymalizatora (primer) za pomocą głowicy drukującej na podłoże, w miejscu pod każdą drukowaną kroplą atramentu, który zmniejsza wnikanie atramentu w papier i rozpyływanie się kropli, tym samym zapewniając wysoką jakość nadruku na papierach nieprzystosowanych do druku natryskowego, w tym na papierach offsetowych [3]. Zastosowano, patentowany przez firmę Océ, atrament pigmentowy, którego skład chemiczny oparty jest na wodzie. Głowice umożliwiają drukowanie z rozdzielczością 600×600 dpi ze zmienną objętością kropli (rozdzielczość postrzegana ok. 1200 dpi).

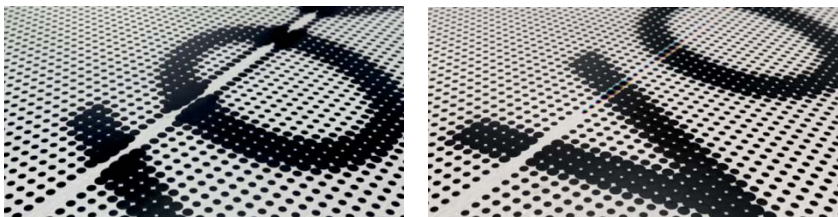


Rys. 5.1. Canon Oce VarioPrint i300: 1 – układ podawania papieru wykorzystujący strumień powietrza; 2 – kontrola wprowadzania arkuszy; 3 – precyzyjne pozycjonowanie arkuszy; 4 – głowice drukujące; 5 – wbudowana kontrola zapchanych dysz (pozwala wykrywać i korygować awarie dysz podczas drukowania); 6 – automatyczna konserwacja dysz (umożliwia czyszczenie głowicy w miarę potrzeb); 7 – innowacyjny system suszenia; 8 – pojemniki z atramentem
 Źródło: http://www.canon-europe.com/for_work/products/professional_print/digital_colour_production/varioprint_i300/ (dostęp z dnia 05.05.2017).



Rys. 5.2. Nadruk wykonany na maszynie Canon Oce VarioPrint i300 bez opcji ColorGrip (a) i z opcją ColorGrip (b)

Źródło: opracowanie własne na podstawie http://www.canon-europe.com/for_work/products/professional_print/digital_colour_production/varioprint_i300/ (dostęp z dnia 05.05.2017).



Rys. 5.3. Kompensowanie niedodruków spowodowanych przez dysze uszkodzone za pomocą zwiększenia objętości kropli wyrzucanych przez dysze sąsiadujące z dyszami uszkodzonymi (a), a w przypadku uszkodzenia dysz z atramentem czarnym – uzupełnienie nadrukiem kolorowym (b)
Źródło: http://www.canon.pl/for_work/products/professional_print/digital_colour_production/vario-print_i300/ (dostęp z dnia 05.05.2017).

Canon posiada serię zwojowych maszyn natryskowych Océ ImageStream 3500 i Océ ImageStream 2400, które umożliwiają druk na standardowym papierze offsetowym i zwykłych papierach powlekanych. Urządzenia z tej serii są wyposażone w głowice piezoelektryczne DigiDot umożliwiające druk z postrzeganą rozdzielczością 1200 dpi. Obydwie maszyny drukują z maksymalną prędkością na poziomie 160 m/min na podłożach o szerokości 762 mm (ImageStream 3500) i 516 mm (ImageStream 2400).

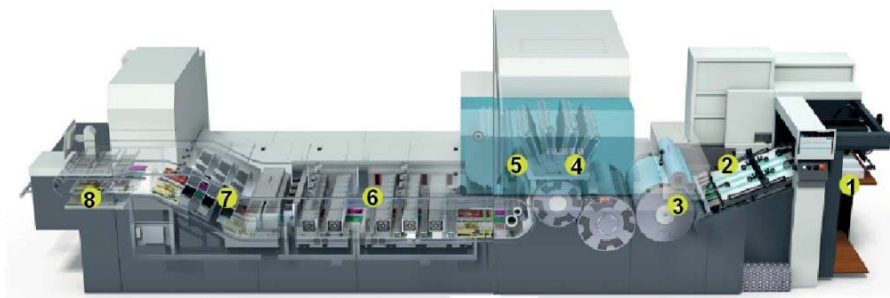
Nowością jest seria maszyn zwojowych natryskowych Océ ProStream, która pozwala drukować materiałach o szerokości 540 cm, osiąga prędkość produkcyjną do 80 m/min i pozwala na druk do 35 mln stron A4 miesięcznie. Urządzenie wyposażono w nową głowicę piezoelektryczną Océ DigiDot o rozdzielczości 1200 dpi. Głowice drukują kroplą o zmiennych wymiarach (technologia Océ Multilevel), która zapewnia doskonałą jakość wydruków, płynne przejścia tonalne, odwzorowanie szczegółów oraz równomierne pokrycie dużych obszarów atramentem. Nowy zestaw atramentów pigmentowych pozwala uzyskać bogatą gamę kolorów, równie szeroką, a nawet szerszą niż w przypadku technologii offsetowej. Maszyna oferuje też nową, bezkontaktową technologię flotacyjnego suszenia wydruków, która zapewnia brak kontaktu odbitki z częściami maszyny aż do całkowitego utrwalenia nadruku. Océ ProStream wykorzystuje również technologię Canon ColorGrip, która gwarantuje optymalną jakość druku na papierach powlekanych i niepowlekanych o gramaturze od 60 do 160 g/m².

Najnowsze swoje osiągnięcia w zakresie technologii druku natryskowego firma Canon zaprezentowała na targach drupa 2016 w urządzeniu prototypowym Canon Voyager. Jest to arkuszowa maszyna do druku dwustronnego w formacie B2+, która oferuje fotograficzny poziom jakości odbitek. Maszyna drukuje z maksymalną prędkością do 3000 arkuszy/godz. za pomocą siedmiu kolorów wodnych atramentów pigmentowych z opcją optymalizacji połysku nadruku.

Fujifilm. Posiada w swojej ofercie arkuszową maszynę natryskową formatu B2. Prace nad nią były rozpoczęte w 2004 r. W 2008 powstał prototyp maszyny, który miał swoją premierę na targach drupa 2008. Oficjalna sprzedaż urządzenia rozpoczęła się w 2011 r., a w 2014 r. pojawiła się nowa modyfikacja pod nazwą Fujifilm JetPress 720S. Obecnie firma Fujifilm posiada ponad 80 instalacji tego typu maszyn na świecie. Maszyna drukuje wodnymi atramentami nowej serii Fujifilm Vividia. Zastosowano w niej cztery (CMYK) głowice SAMBA, składające się z poszczególnych modułów i działające na zasadzie single pass. Jedną z najważniejszych nowości wprowadzonych w trakcie modyfikacji maszyny dotyczy możliwości wymiany poszczególnych modułów SAMBA w głowicy. Maszyna drukuje z rozdzielczością 1200 dpi (4 poziomy gradacji) i generuje krople o objętości 2 pl. Wydajność druku wynosi 2700 arkuszy B2/godz. Przed zadrukiem maszyna nanosi za pomocą cylindra anilox warstwę szybko koagulującego primera na podłoże drukowe, co zapewnia stabilną i wysoką jakość nadruku na różnych rodzajach podłoży. Jest możliwy zadruk podłoży o grubości 105-340 μm . Po sekcji drukującej rozmieszczono moduł ISL (In-Line Sensor), zadaniem, którego jest skanowanie w trybie in-line specjalnego paska kontrolnego, na podstawie którego wykrywa się uszkodzone lub zapchane dysze. Na podstawie informacji uzyskanych w trakcie takiej inspekcji wada niedodruku jest korygowana natychmiast poprzez zwiększenie kropel generowanych przez sąsiednie dysze (rys. 5.5). Nadruk jest utrwalany za pomocą promieniowania IR oraz noża gorącego powietrza (*Hot Air Knife*) [4,5].

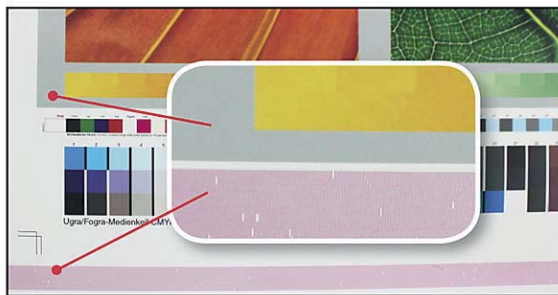
W 2016 firma Fujifilm poinformowała o tym, że maszyna Fujifilm JetPress 720S uzyskała dwa prestiżowe certyfikaty branżowe – FOGRA i GRACol, które potwierdzają zgodność jakości nadruku ze standardami druku offsetowego.

Firma Fujifilm posiada również zwojową maszynę natryskową Jet Press 540 W, której pierwsza instalacja miała miejsce w 2015 r.



Rys. 5.4. Fujifilm JetPress 720S: 1 – podajnik; 2 – kontrola wprowadzania arkuszy; 3 – moduł nanoszenia primera; 4 – natryskowy moduł drukujący; 5 – moduł inspekcji uszkodzonych dysz – skaner ISL; 6 – moduł suszenia odbitek (IR); 7 – schładzanie odbitek; 8 – wykładak

Źródło: *Jet Press 720S. Powerful second generation B2 sheet-fed digital inkjet press. Product brochure*, <http://www.powerofinkjet.com/wp-content/uploads/2014/09/Jet-Press-720S-Brochure.pdf> (dostęp z dnia 10.05.2017).



Rys. 5.5. Przykład nadruku paska kontrolnego zeskanowanego za pomocą sensora ILS w maszynie Fujifilm JetPress 720s oraz fragmentu nadruku ze skorygowanym obrazem

Źródło: Tierientiew I., *Wsteczny wzgląd na cyfrową transformację*, https://www.publish.ru/articles/201305_20013055 (dostęp z dnia 05.06.2017).

Firma **Heidelberg**, wspólnie z Fujifilm, na targach drupa 2016 zaprezentowała arkusową natryskową maszynę Primefire 106 przeznaczoną do drukowania na tekturze formatu B1. Zbudowano ją na bazie maszyny Speedmaster XL 106 i technologii natryskowej Fujifilm Inkjet. Maszyna drukuje z wydajnością do 2500 arkuszy/godz. (750 x 1060 mm), a w perspektywie producent planuje zwiększenie wydajności do 5000 arkuszy/godz. Zastosowano w niej głowice drukujące Fujifilm Dimatix SAMBA o rozdzielczości 1200 x 1200 dpi oraz siedem kolorów atramentów wodnych (CMYK+OVG). Wbudowany przed zespołem drukującym moduł przygotowania podłoży do druku (nanoszenia primera) oraz system lakierowania CoatingStar pozwalają uzyskać jakość nadruku odpowiadającą poziomowi jakości drukowania offsetowego. Maszyna przeznaczona jest do zadruku podłoży o gramaturze 170-450 g/m² i grubości 0,2-0,6 mm. Planowany termin produkcji maszyny – 2017 r. Siedmiokolorowy druk natryskowy pozwala osiągać nawet 95% kolorów Pantone, zapewniając redukcję czasu i kosztów przy produkcji zleceń wymagających zastosowania kolorów specjalnych. Druk wodnymi atramentami spełnia najbardziej surowe wymogi w zakresie ochrony środowiska i recyklingu, a tym samym umożliwia produkcję opakowań dla żywności [6].



Rys. 5.6. Heidelberg Primefire 106: 1 – podajnik; 2 – moduł przygotowania papieru przed drukiem (precoating); 3 – moduł drukujący; 4 – moduł suszący; 5 – moduł lakierujący; 6 – moduł serujący

Źródło: *Digital production made by Heidelberg. Primefire 106*, https://www.heidelberg.com/global/en/products/press/digital_printing/primefire/primefire_1.jsp (dostęp z dnia 20.05.2017).

Firma HP – jedyna firma, która rozwija cyfrowy druk nakładowy na bazie technologii termicznej. Współczesne maszyny natryskowe HP umożliwiają wybór pomiędzy procesem drukowania o zwiększonej jakości a drukiem o zwiększonej wydajności (jeżeli wysoki poziom jakości nie jest wymagany). Autonomiczne rozwiązanie HP Priming Solution pozwala nanosić primer na podłoże o szerokości do 56 cm, co umożliwia zadruk na zwiększonej gamie podłoży. Analogiczne rozwiązanie EPIC jest dedykowane dla szerokości zadruku do 106 cm. Technologia Nozzle redundancy oraz system kontroli HP Vision minimalizują efekt uszkodzonych/zapchanych dysz. Na targi drupa 2016 zostały przygotowane trzy nowe modele maszyn zwojowych natryskowych z zastosowaniem nowej technologii HDNA (*High Definition Nozzle Architecture*), która zapewnia „jakość na poziomie off-setu”: rozdzielczość – 2400 dpi (fizyczna rozdzielczość głowic – 2400 dysz na cal (npi, nozzles per inch)), płynne przejścia tonalne i idealne odwzorowanie kolorów w tonach środkowych.

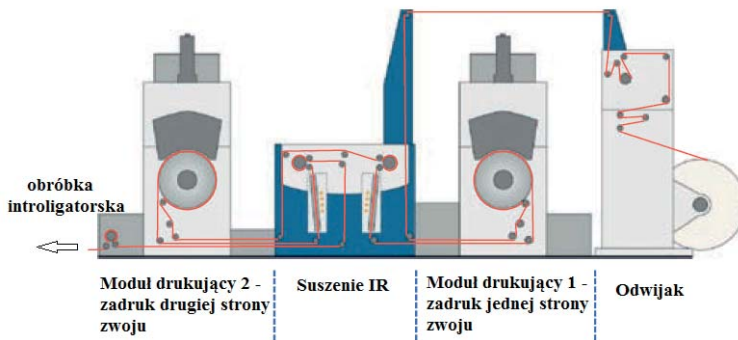
Model T490 HD posiada szerokość 1066 mm i przeznaczony jest do obciążenia miesięcznego na poziomie 205 mln stron. Prędkość drukowania w trybie wysoko-produkcyjnym – 305 m/min, a 152 m/min – w trybie wysokojakościowym. Drukuje na papierach (z primerem) o gramaturze od 40 do 350 g/m². Analogiczne parametry druku posiada model do drukowania monochromatycznego T490M. Kolejny model – T240 HD – posiada szerokość zadruku 559 mm, maksymalną prędkość drukowania 152 m/min (w trybie wysokojakościowym – 76 m/min) i przeznaczony jest do obciążenia miesięcznego na poziomie 60 mln stron.

We wrześniu 2016 r. na targach Graph Expo 2016 w USA ogłoszono produkcję jeszcze czterech nowych modeli maszyn zwojowych: HP PageWide Web Press o szerokości zadruku 762 mm, T390 HD, monochromatycznej maszyny T390M HD oraz dwóch – T380 HD i T370 HD. Użytkownicy zwojowych maszyn natryskowych starszej generacji mają możliwość zmodernizować swoje maszyny do technologii HDNA.

KBA. Pierwsza zwojowa maszyna do druku natryskowego opracowana przez firmę KBA nazywała się RotaJet 76. Maszyna pozwalała na zadruk dwustronny zwoju (szerokość zadruku 782 mm) w jednym przebiegu z prędkością 150 m/min. W maszynie były stosowane piezoelektryczne głowice drukujące Kyocera, pozwalające na uzyskanie rozdzielczości 600 × 600 dpi wodnymi atramentami. Osobliwością maszyny było pomysłowe rozwiązanie prowadzenia wstęgi papieru bez prętów obrotowych, które zazwyczaj są stosowane w cyfrowych maszynach zwojowych do druku dwustronnego i służą do odwracania wstęgi przed zadrukiem jej drugiej strony. Pozwoliło to uzyskać większą kompaktowość maszyny. Maszyna jest przeznaczona do drukowania personalizowanej produkcji kolorowych książek, broszur, akcydensów, mailingów i magazynów [7,8].

Nowsza modyfikacja tej maszyny RotaJET L – model 77 był prezentowany na targach drupa 2016. Posiada głowice piezoelektryczne o rozdzielczości 1200 dpi i drukuje na podłożach o szerokości 77 cm. Prędkość drukowania – 150 lub 300 m/min w zależności od rozdzielczości.

Kolejna maszyna do arkuszowego druku natryskowego KBA Varijet 106 jest wspólnym rozwiązaniem firmy KBA i Xerox. W maszynie zintegrowano rozwiązania firmy KBA dotyczące transportu arkusza (podajnik, konwencjonalne chwytaki, droga arkusza w module drukowania natryskowego, chwytaki transportujące arkusz do zespołu lakierującego lub innego wybranego modułu inline oraz wykładak) z technologią Xerox Impica – piezoelektryczne głowice Impika, wyprodukowane przez firmę Panasonic, pozwalają drukować z rozdzielczością 1440 dpi i generują krople o objętości 2,5 pl. Nie ma potrzeby specjalnego przygotowania podłoża przed drukowaniem. W każdej z siedmiu matryc jest dziesięć głowic zadrukowujących arkusz formatu 750 × 1060 mm z prędkością 4500 arkuszy na godzinę [1].



Rys. 5.7. KBA RotaJet 76

Źródło: Wandelt P., *Wielkie premiery KBA przed Drupą*, *Przegląd Papierniczy*, nr 4, 2012, s. 191.

Firma **Kodak** już ponad 10 lat temu posiadała w swojej ofercie zwojowe natryskowe maszyny z serii Versamark, a do najnowszych rozwiązań należy linia maszyn Prosper, opartych na technologii Kodak Stream. Są to zwojowe maszyny monochromatyczne Prosper 1000 oraz maszyny wielobarwne – Prosper 6000: Kodak Prosper 6000C dedykowana jest do zastosowań akcydensowych, wymagających relatywnie dużej ilości aplikowanego atramentu oraz Kodak Prosper 6000P dedykowana do zastosowań wydawniczych (druk książek i gazet), gdzie zazwyczaj są stosowane papiery o niższej gramaturze, wymagające małej lub średniej ilości nanoszonego atramentu. W maszynach zastosowano wodne atramenty pigmentowe, zapewniające wysoką odporność i jakość nadruku. Maszyna Prosper drukuje z wydajnością do 300 m/min. W oparciu o technologię Kodak Stream zostały opracowane również systemy/moduły do personalizacji (wdrukowywania danych zmiennych) – Prosper S30, S20 i S10, które można instalować na przykład w maszynach offsetowych.

Według informacji firmy Kodak (stan na 10.2016 r.) na świecie zainstalowano ok. 60 maszyn Prosper 6000, ok. 400-500 modułów Prosper S. oraz 200 maszyn Versamark [9].

W 2016 r. firma wprowadziła nową generację głowic drukujących Ultrastream, które wyróżniają się w stosunku do zwykłych głowic Prosper większą rozdzielczością (do 600×1800 dpi, postrzegana rozdzielczość 1200 dpi), małą objętością kropli (3,75 pl.) i większą dokładnością pozycjonowania. Prędkość drukowania – 150 m/min, a częstotliwość generowania kropeł wynosi do 400 000 kropeł/s. Żywotność takich głowic dochodzi do 3 trylionów kropeł na dyszę.

Komori. W zakresie natryskowego druku arkuszowego firma posiada dwie maszyny: Impremia IS29 (maszyna formatu B2 opracowana wspólnie z Konica Minolta) oraz Impremia NS40 (o formacie zadruku 75×105 cm, wykorzystująca technologię nanograficzną, która jest rezultatem współpracy Komori z firmą Landa).

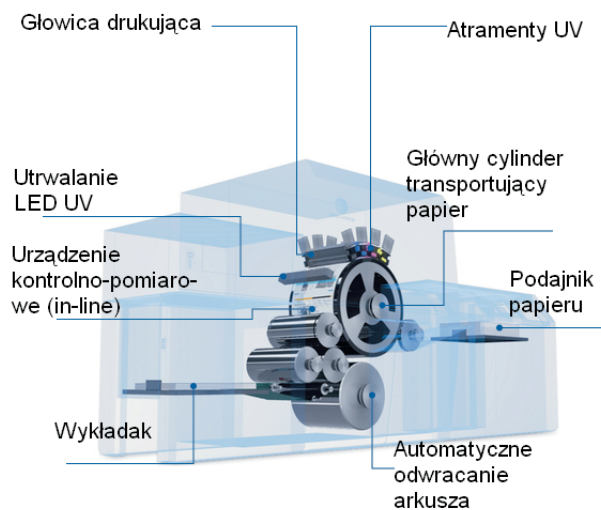
Zasada drukowania w maszynie Impremia IS29 jest taka sama, jak i w maszynie Konica Minolta AccurioJet KM-1, a osobliwość druku polega na możliwości bezpośredniego zadruku nieograniczonej liczby podłoży bez stosowania primera. W maszynie zastosowano sprawdzone technologie zastosowane w produkcji maszyn offsetowych Komori – samonakładak, system prowadzenia arkusza, mechanizm odwracania arkusza, wykładak i in. Maszyna jest już zainstalowana w kilku drukarniach na całym świecie.

O swojej współpracy firmy Komori i Landa poinformowały na targach drupa 2012. Komori odpowiada za rozwiązania dotyczące zespołów wprowadzenia i prowadzenia papieru w maszynie i posiada prawo na sprzedaż maszyn na bazie technologii Landa pod własną marką – Komori Impremia NS40. Maszyna była prezentowana na targach drupa 2016. Parametry maszyny: prędkość drukowania 6500 ark./godz., rozdzielczość 1200×1200 dpi, cztery (CMYK) głowice drukujące z możliwością rozszerzenia do siedmiu głowic (CMYK+OVG). Można drukować na szerokiej gamie podłoży bez primera. W druku osiąga się szeroką gamę barw, a za pomocą druku czterokolorowego (CMYK) uzyskuje się 71% kolorów Pantone oraz wysoki poziom reprodukcji szczegółów. Maszyna może być uzupełniona in-line modulem lakierowania.

Konika Minolta. Firma posiada maszynę do arkuszowego druku natryskowego KM-1 formatu B2, którą opracowała wspólnie z firmą Komori. Po raz pierwszy maszyna była zaprezentowana na targach drupa 2012, a przez następnych kilka lat udoskonalano ją. Maszyna drukuje atramentami utrwalanymi promieniowaniem UV z prędkością do 3000 arkuszy/godz. Może być stosowana dla tradycyjnej produkcji komercyjnej (posiada tryb drukowania dwustronnego), ale atramenty UV są droższe w porównaniu do atramentów wodnych, dlatego główne jej przeznaczenie to drukowanie opakowań tekturowych i druk na podłożach niewsiąkliwych. Na targach

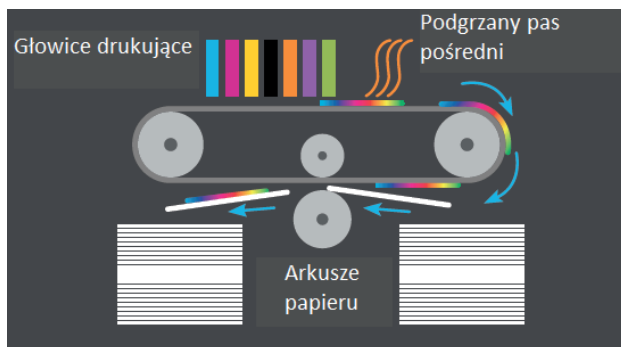
drupa 2016 przedstawiono zmodernizowaną wersję maszyny pod nazwą AccurioJet KM-1 o maksymalnym formacie zadruku 585×750 mm. Maszyna posiada głowice drukujące Konica Minolta o rozdzielczości drukowania 1200×1200 dpi (cztery głowice drukujące CMYK) i drukuje na podłożach o grubości 0,06-0,6 mm (do 0,45 mm przy drukowaniu dwustronnym) atramentami UV, opracowanymi przez Konica Minolta. Maszynę o podobnej zasadzie działania ma w swojej ofercie firma Komori, pod nazwą Impremia S29.

W 2016 r. na targach drupa Konica Minolta zaanonsowała arkuszkową maszynę formatu B1+ pod roboczą nazwą KM-C. Maszyna może drukować na podłożach o grubości do 1,2 mm. Maszyna jest zorientowana na drukowanie opakowań z tektury.



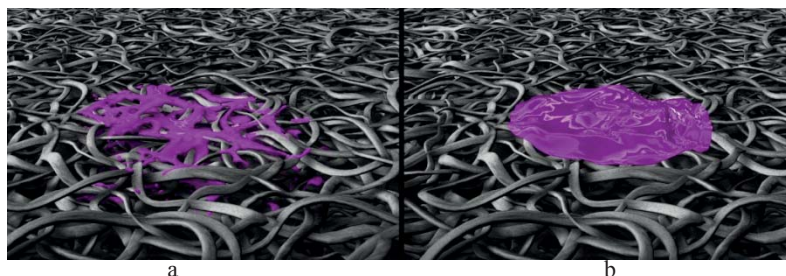
Rys. 5.8. Zespół drukujący maszyny Konica Minolta AccurioJet KM-1
 Źródło: <https://www.biz.konicaminolta.com/production/km-1/index.htm>
 (dostęp z dnia 05.05.2017).

Firma **Landa Corporation** opracowała nową technologię pośredniego druku natryskowego – nanografię, która po raz pierwszy była prezentowana na targach drupa 2012. Nanografia to technologia druku natryskowego, w której zastosowano pośrednie przenoszenie obrazu na podłoże za pomocą pasa podgrzanego do temperatury ok. 120°C . W druku zastosowano farbę na bazie wody NanoInk. W trakcie drukowania, na podgrzany pas pośredni, z farby odparowuje woda i wytwarza się cienka warstwa polimerowa o grubości ok. 500 nm, która następnie przenosi się (przylepia się) na podłoże i dzięki temu osiąga się wysoką jakość nadruku, niezależnie od rodzaju podłoża (rys. 5.9, 5.10). Uzyskuje się nadruk odporny na ścieranie, a dzięki temu, że w momencie przenoszenia obrazu na podłoże następuje utrwalenie nadruku, z procesu wyeliminowano jakiegokolwiek dodatkowe operacje utrwalania czy suszenia [7].



Rys. 5.9. Schemat procesu drukowania w maszynie Landa Nanographic Printing Press

Źródło: Landa S10 Nanographic Printing™ Press, 01.03.2014, http://www.landanano.com/images/banners/s10-download/pdf/Landa_S10_brochure_US_WEB2.pdf (dostęp z dnia 04.02 2016).



Rys. 5.10. Nadruk wykonany w drukowaniu natryskowym zwykłym (a) oraz w nanografii (b)

Źródło: <http://www.landanano.com/news-events/gallery#> (dostęp z dnia 04.02 2016).

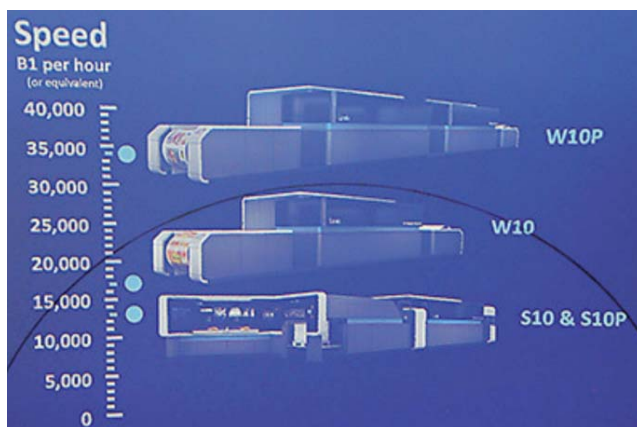
Firma kilkakrotnie zmieniała datę seryjnej produkcji swoich maszyn, które po pierwszej prezentacji wymagały wielu zmian. Obecnie atramenty NanoInk zapewniają obiecany wcześniej poziom jakości nadruku – czyste i nasycone kolory, ostre teksty i krawędzie, ekstremalnie dokładną reprodukcję obrazów na dowolnym papierze i wiele innych walorów. Według ostatnich danych [10] beta testy maszyn nanograficznych są zaplanowane na rok 2017.

Seria maszyn Landa Nanographic obecnie składa się z czterech modeli maszyn: dwie maszyny arkuszowe Landa S10 i Landa S10P (dla drukowania dwustronnego), drukujące formatem B1 oraz dwie zwojowe – Landa W10 i Landa W10P (dla drukowania dwustronnego) o szerokości zadruku 1050 mm. Maszyna Landa S10 przeznaczona jest dla zadruku podłoży o grubości od 60 do 800 μm , z wydajnością 13000 arkuszy/godz., z rozdzielczością 1200 dpi, w maszynie zastosowano siedem kolorów atramentów (CMYK+OBG) oraz jeden kolor dodatkowy. Dzięki wbudowanemu spektrofotometrowi maszyna zapewnia wierne i stabilne odwzorowanie kolorów w trakcie drukowania. Maszyna przeznaczona jest do zadruku opakowań tekstury i materiałów reklamowych (POP, POS).

Maszyna Landa W10 może drukować za pomocą ośmiu kolorów (CMYK+OB-G+W), w tym koloru białego, z rozdzielczością 1200 dpi i maksymalną prędkością

drukowania do 200 m/min na podłożach o grubości 10-350 μm . Maszyna jest dedykowana do drukowania opakowań i może drukować na foliach z tworzywa sztucznego (BOPP, PET, BOPA, PE, CPP i in.), foliach metalizowanych, papierze.

Do strategicznych partnerów Landa Corporation należą m.in. firma Komori, która odpowiada za mechanizmy transportu podłoża w maszynie oraz firma EFI, która opracowuje kontrolery i na drupa 2016 zaprezentowała kontroler Fiery XB, przeznaczony do maszyn cyfrowych wysokowydajnych i maszyn Landa.



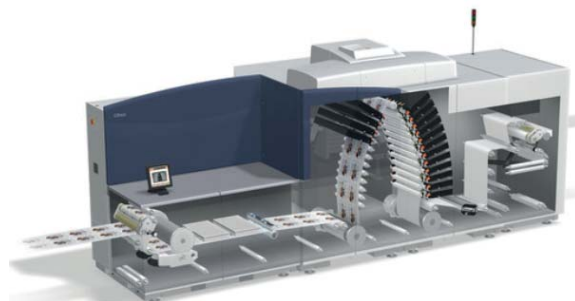
Rys. 5.11. Pozycjonowanie maszyn Landa ze względu na wydajność

Źródło: Tierientiew I., *Cztery historie s drupa 2016. Publish*, nr 7, 2016, https://www.publish.ru/articles/201607-08_20013600 (dostęp z dnia 06.06.2017).

Screen. Firma jest producentem natryskowych maszyn arkuszowych i zwojowych i plasuje się na drugim miejscu po firmie Canon ze względu na liczbę instalacji maszyn. Najnowsza zwojowa maszyna **Truepress Jet520 NX** została zaprezentowana w 2016 r. [2] Podstawowe parametry maszyny: prędkość drukowania 150 m/min, rozdzielczość głowic drukujących (pojedynczy moduł o szerokości 127 mm) – 600 × 1200 dpi. Drukowanie odbywa się za pomocą pięciu głowic drukujących (CMYK+kolor dodatkowy) atramentami wodnymi. Dodatkowa głowica drukująca może drukować atramentami MICR oraz atramentami widocznymi w promieniowaniu UV. Firma również opracowała nowe atramenty, które umożliwią druk na zwykłych papierach powlekanych i offsetowych bez dodatkowego przygotowania podłoża przed drukiem. Atramenty takie mogą być stosowane nie tylko w nowym modelu, ale i w maszynie starszej generacji **Truepress Jet520 HD**, która została zmodernizowana.

Firma **Xerox** posiada kilka modeli maszyn natryskowych do drukowania arkuszowego i zwojowego. Firma opracowała technologię natryskowego druku za pomocą atramentów termotopliwych, która została zrealizowana w zwojowych maszynach CiPress 500 (rozdzielczość 600 × 400 dpi) oraz CiPress 325 (rozdzielczość 600 × 600 dpi). Są to wysokowydajne maszyny drukujące zorientowane

na produkcję druków transpromocyjnych, marketingowych druków personalizowanych i innych. Dzięki zastosowaniu atramentów termotopliwych uzyskuje się wysoką jakość nadruku na zwykłych rodzajach papierów, bez właściwych dla drukowania natryskowego wad, typu rozciekania czy przebijania atramentu [7]. Miesięczne obciążenie maszyn wynosi dziesiątki milionów egzemplarzy.



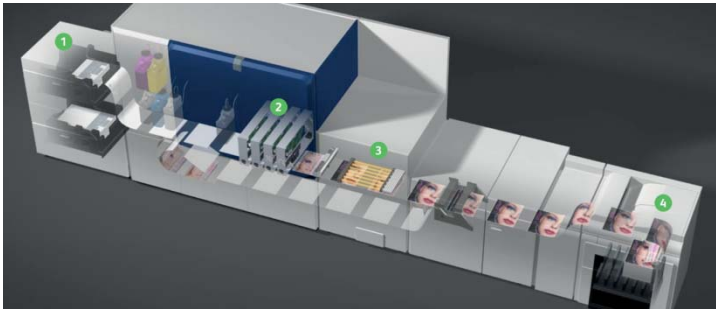
Rys. 5.12. Xerox CiPress

Źródło: Xerox CiPress 500 and 325 Single Engine Duplex Production Inkjet Systems, <http://www.myprintresource.com/product/10877523/xerox-corporation-xerox-cipress-500-and-325-single-engine-duplex-production-inkjet-systems> (dostęp z dnia 10.10.2016).

Oprócz tego, po tym jak Xerox kupiła francuską firmę Impika, w ofercie firmy pojawiły się zwojowe maszyny natryskowe Xerox Impika Compact. Model ten w 2016 został zastąpiony urządzeniem Xerox Trivor 2400, które zadrukowuje zwój o szerokości do 510 mm. Wydajność maszyny przy druku kolorowym wynosi 168 m/min i 200 m/min w trybie monochromatycznym. Przewidziano następujące kolorystyczne kombinacje druku: 4+4, 4+0 i 1+1, z możliwością modernizacji niższych konfiguracji do maksymalnie możliwej już po instalacji u klienta. Zastosowano głowice drukujące Panasonic serii 420, które drukują z rozdzielczością 1200×600 dpi kroplą o zmiennej objętości. Maszyny posiadają moduł czyszczenia wstęgi papieru, moduł suszenia odbitek za pomocą promieniowania IR i moduł schładzania odbitek. W maszynie zastosowano innowacyjne rozwiązania dotyczące wykrywania i kompensacji uszkodzonych dysz, automatyczny system optymalizacji gęstości nadruku apli oraz nową technologię Clear Pixel, która zapewnia ciągłą kontrolę dysz. Zakres gramatury podłoży zadrukowywanych wynosi 40-230 g/m².

Xerox posiada arkuszkową maszynę natryskową Brenva HD formatu B3+, którą po raz pierwszy prezentowano na targach drupa 2016. Maszyna została opracowana przy współpracy z inżynierami z firmy Impika, którzy opracowywali sekcję drukującą i suszącą. Sekcje te zostały połączone z zespołem prowadzenia arkuszy na bazie maszyny iGen. Format zadruku wynosi 364×520 mm, a prędkość drukowania 5040 arkuszy B3+/godz. W maszynie zastosowano głowice drukujące Kyocera, drukujące z rozdzielczością 600×600 dpi (kroplą o zmiennej objętości – 4 poziomy objętości). Brenva HD posiada funkcję wykrywania i skorygowania uszkodzonych

dysz. Posiada również wbudowany spektrofotometr wraz z systemem utrzymania stabilności nadruku barw, system automatycznego profilowania, a tryb drukowania – z wykorzystaniem wyłącznie czarnego atramentu – zapewnia oszczędności przy drukowaniu monochromatycznym. Maszyna dedykowana jest dla druku transakcyjnego, druku książek oraz mailingu bezpośredniego.



Rys. 5.13. Xerox Brenva HD: 1 – podajniki arkuszy; 2 – sekcja drukująca; 3 – moduł suszenia IR; 4 – wykładak

Źródło: Xerox® Brenva™ HD Production Inkjet Press,
<https://www.xerox.com/digital-printing/latest/XBRBR-01U.pdf> (dostęp z dnia 10.06.2017).

W ofercie firmy jest również zmodyfikowana maszyna Xerox **Impika Evolution**. Ostatnio firma Xerox opracowała nowe atramenty High Fusion, które pozwalają drukować na podłożach bez wstępnego nanoszenia primeru. Pierwsze wzorce za pomocą nowych atramentów wydrukowano na Xerox Trivor 2400, a seryjną produkcję atramentów zaplanowano na rok 2017. Rynek maszyn natryskowych do drukowania nakładowego jest dość duży i wciąż pojawiają się nowi producenci i nowe modele maszyn. Ostatnio firma Domino dołączyła do sektora zwojowego druku natryskowego z maszyną K630i, która jest przeznaczona do drukowania monochromatycznego. Inca Digital zadeklarowała przedstawienie w 2017 roku prototypu maszyny dla arkuszowego druku natryskowego o formacie B1, drukującej z prędkością do 200 arkuszy/godz. Trendem w tym zakresie rynku jest wdrożenie technologii, które umożliwią zadruk różnorodnych podłoży, zwiększenie wydajności i formatów zadrukowanych podłoży.

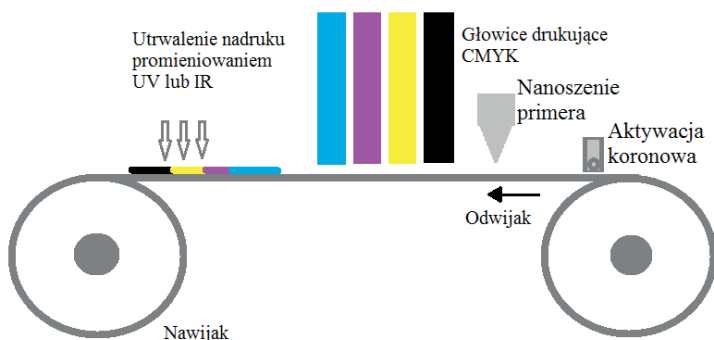
5.2. Maszyny natryskowe do drukowania etykiet i opakowań giętkich

Na rynku opakowaniowym (etykiety i opakowania giętkie) istnieje około czterdziestu producentów zwojowych maszyn natryskowych. W większości są to urządzenia, w których zastosowano wydajne głowice typu Single Pass. Ze względu na stosowany rodzaj atramentu, można wyróżnić systemy drukujące atramentami wodnymi i systemy drukujące atramentami utrwalanymi promieniowaniem UV. Systemy na bazie atramentów wodnych są mniej rozpowszechnione. Na ich korzyść przemawia

niższa cena, zarówno atramentów, jak i sprzętu, ale ograniczeniem może być mniejszy asortyment podłoży zadrukowywanych, jak również potrzeba lakierowania bądź laminowania, w przypadku wymaganej zwiększonej odporności nadruku.

Technologia drukowania farbami UV jest powszechnie stosowana w branży etykietowej i od lat była i jest wykorzystywana w maszynach konwencjonalnych (fleksograficznych oraz rotograviurowych). Wśród producentów systemów natryskowych z atramentami UV konkurencja jest większa. Trzeba zaznaczyć, że utrwalanie UV znacząco poszerza gamę podłoży, na których można drukować z wykorzystaniem technologii natryskowej. Do zalet technologii UV należy również większa szybkość procesu utrwalania, a co za tym idzie wysoka wydajność procesu drukowania. Wśród wad można wyróżnić wyższą wartość głowic drukujących i atramentów.

Systemy drukujące, oprócz standardowego zestawu atramentów CMYK, mogą posiadać różne wersje rozszerzonego standardu barwnego, stosując więcej niż cztery kolory atramentów, na przykład CMYK+OGB, lub dodatkowe atramenty o kolorach specjalnych (Pantone), a oprócz tego atrament przeźroczysty, który pozwala osiągać efekt lakierowania (L) lub atrament biały nieprzezroczysty (W), drukowany na początku lub na końcu drukowania.

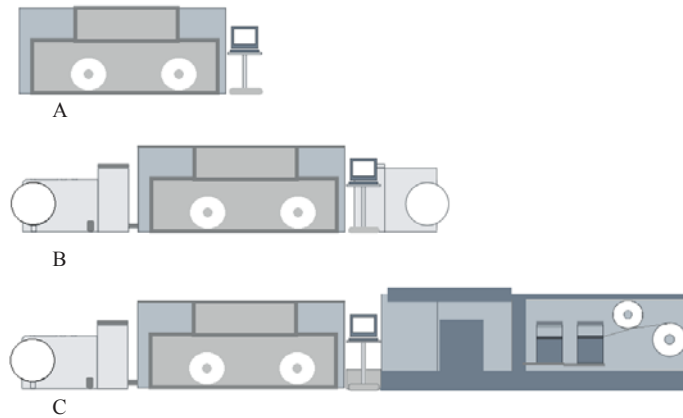


Rys. 5.14. Ogólny schemat procesu drukowania etykiet/opakowań giętkich na zwojowych maszynach natryskowych

Źródło: opracowanie własne.

Urządzenia do druku etykiet metodą drukowania natryskowego można podzielić na urządzenia niskonakładowe (drukarki biurowe), **służące niewielkim producentom dla** drukowania etykiet przeznaczonych do umieszczania na własnych wyrobach tego producenta oraz wydajne produkcyjne maszyny natryskowe. Te ostatnie (będące przedmiotem niniejszego opracowania) mogą być produkowane w wersji bazowej lub oferowane w różnych wersjach rozbudowanych (rys. 5.15), jak na przykład z zewnętrznym odwijaniem i nawijakiem. Nawijak może być także zastąpiony rozbudowanym modułem konwertującym, gdzie wykonywane są takie operacje, jak lakierowanie, laminowanie, wykrawanie etykiet, cięcie wzdłużne

i przewijanie na bobiny. Oprócz tego, moduły drukowania natryskowego mogą być integrowane z sekcjami drukowania fleksograficznego, w efekcie czego powstają zwojowe maszyny hybrydowe do zadruku etykiet i opakowań giętkkich.



Rys. 5.15. A – konfiguracja bazowa systemu drukującego; B – konfiguracja z zewnętrznym owijakiem i nawijakiem; C – konfiguracja z odbijakiem zewnętrznym i systemem obróbki wykończeniowej zadrukowanych etykiet

Źródło: opracowanie własne.

Dalej w porządku alfabetycznym firm – producentów przedstawiono wybrane wysoko wydajne systemy natryskowe do drukowania etykiet i opakowań giętkkich, a w tabeli zestawiono ich wybrane parametry techniczne. Wśród nich są rozwiązania obecnie dostępne w sprzedaży, jak również systemy zaplanowane do seryjnej produkcji w najbliższym czasie.

W ofercie firmy Domino Digital Printing Solutions jest seria maszyn N600, przeznaczonych do drukowania etykiet i opakowań giętkkich. Najnowszy model z tej serii – Domino N610i – drukuje z prędkością do 75 m/min przy użyciu wysokiej jakości atramentów utwardzanych promieniami UV. Oprócz nieprzezroczystego białego atramentu i atramentów o kolorach CMYK, zastosowano jeszcze dwa dodatkowe kolory – pomarańczowy (O) i fiolet (V), co pozwoliło osiągać w nadruku do 90% kolorów Pantone [11].

Do zadruku etykiet firma Durst oferuje maszyny Durst Tau 330 i Durst Tau 330E. W maszynach stosowane są atramenty UV firmy Sun Chemical, charakteryzujące się szerokim gamutem barwnym, wysoką adhezją do szerokiego zakresu podłoży zadrukowywanych bez konieczności zastosowania primeru (w tym folii PE i PP, podłoży metalizowanych) oraz wysoką światłotrwałością i odpornością na ścieranie. Są to atramenty z niskim poziomem migracji, i dlatego mogą być stosowane do zadruku opakowań dla przemysłu farmaceutycznego i spożywczego. Oprócz standardowego zestawu CMYK, dodatkowo mogą być stosowane atramenty o kolorach pomarańczowym i fioletowym (CMYK+OV), które umożliwiają odwzorowanie 90% kolorów Pantone oraz atrament

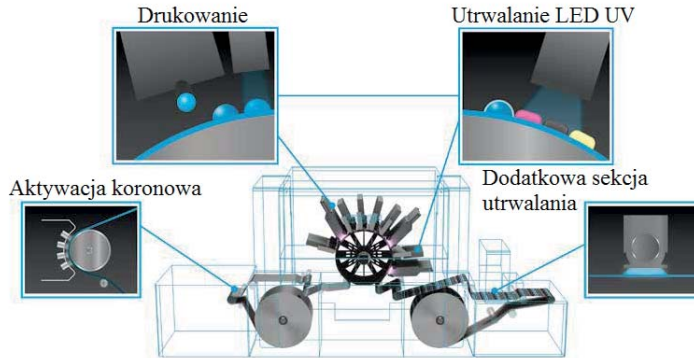
biały (opcjonalnie). Głowice drukujące Xaar 1002 pozwalają uzyskać rozdzielczość nadruku 720×1260 dpi, generując krople o objętości od 6 do 42 pl (tryb Greyscale).

Model Tau 330 posiada możliwość utrwalania UV w środowisku gazów inercyjnych, co zwiększa efektywność procesu fotopolimeryzacji. Nieco tańszy model Tau 330E (litera E oznacza oszczędny) nie ma takiej opcji ani dodatkowych kolorów atramentów (opcja koloru białego jest możliwa). Dla Tau 330E opracowane zostały specjalne atramenty pozwalające na uzyskanie zwiększonej gęstości optycznej, co umożliwia zaoszczędzenie do 25% kosztów atramentów w procesie drukowania [12, 13].

Seria maszyn do druku etykiet EFI Jetrion jest znana od lat na rynku poligraficznym. Najnowsze modele posiadają głowice drukujące Xaar 1003, charakteryzujące się większą niezawodnością i żywotnością, dzięki ulepszonemu przepływu strumienia wewnątrz głowic i bardziej odporną dolną płytą z dyszami. Zmieniono w nich sposób rastrowania, który pozwala osiągać lepszą jakość nadruku. Głowice umożliwiają osiągnięcie ośmiu poziomów odcieni w nadruku (tryb Greyscale): siedem poziomów objętości kropli plus poziom/odcien niezadrukowanego podłoża). Generowane są krople o objętości kropli w granicach od 6 do 42 pl, co pozwala osiągać wysoką jakość tak przy drukowaniu apli, jak i drobnych szczegółów. W maszynie zastosowano atramenty utrwalane promieniowaniem LED UV. Technologia utrwalania LED UV pozwala na zadruk podłoży wrażliwych na ciepło i zaoszczędza energię elektryczną. Zastosowano zaadaptowane do technologii LED UV atramenty, które charakteryzują się dużym gamutem barwnym, powtarzalnością kolorystyczną, niskim zapachem oraz dobrą przyczepnością do szerokiej gamy podłoży. Wszystkie maszyny w zakresie obróbki po druku mogą posiadać zespoły wykrawania laserowego, nawijania ażuru, cięcia wzdłużnego. Posiadają również opcję drukowania atramentem białym [14].

Firma Epson posiada szeroką ofertę urządzeń do zadruku etykiet: od małych drukarek (biurowych) do wydajnych systemów przemysłowych, bazujących tak na wodnych atramentach, jak i na atramentach UV. Liczba instalacji systemów Epson SurePress L-4033A/AW z atramentami wodnymi wynosi ponad 200 sztuk na świecie (stan na kwiecień 2016), które zawdzięczają swoją popularność ekologicznym atramentom. Specjalnie dla modelu Epson SurePress L-4033A/AW firma Epson opracowała nowy zestaw atramentów pigmentowych na bazie wody, zawierający sześć kolorów, w tym zielony i pomarańczowy, które pozwoliły zwiększyć oferowaną gamę kolorów. Dla wersji AW dostępny jest biały atrament nieprzezroczysty. Zestaw zapewnia dokładne odwzorowanie kolorów i doskonałą przyczepność na wielu standardowych materiałach etykietowych, bez potrzeby stosowania wcześniejszego aktywowania podłoża czy primera. Utrwalenie atramentów odbywa się w dwóch etapach: najpierw za pomocą podgrzanej płyty, a następnie – nadmuchem gorącego powietrza. W maszynie zastosowano rzadko stosowane w tym segmencie druku głowice drukujące typu Scanning Head [15].

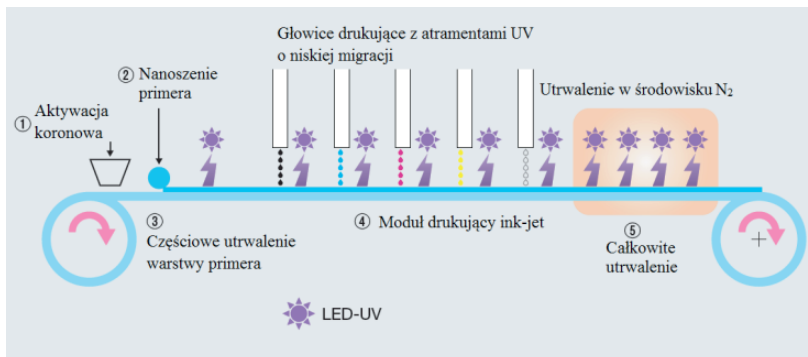
Nowy model SurePress L-6034VW/V drukujący atramentami UV może drukować na foliach z tworzywa sztucznego i podłożach metalizowanych bez zastosowania primera (rys. 5.16). Urządzenie jest oferowane w dwóch wersjach: CMYK i z atramentem przezroczystym (cyfrowy lakier) i dodatkowo z atramentem białym (SurePress L-6034VW) oraz bez atramentu białego (SurePress L-6034V) [16, 17].



Rys. 5.16. Schemat procesu drukowania na maszynie Epson SurePress L-6034VW. Konzistentní Barvy, Špičkový Výsledek

Źródło: https://www.epson.cz/files/assets/source/a/r/c/r/a2723-brochure-lores-cs-cz-surepress_l-6034vw.pdf (dostęp z dnia 15.02.2017).

Firma Fujifilm może się pochwalić wieloma instalacjami maszyn natryskowych arkuszowych Fujifilm Jet Press 720 i 720S, a na targach drupa 2016 zadebiutowała z nowym systemem do drukowania zwojowego etykiet i opakowań giętkich MJP20W. Proces drukowania opiera się na technologii EUCON (*Enhanced Under Coating and Nitrogen purging*), która zakłada zastosowanie atramentów o niskiej migracji utrwalanych promieniowaniem UV LED w środowisku gazu azotu (rys. 5.17). Taki proces utrwalania zwiększa efektywność procesu polimeryzacji oraz eliminuje zapach farb na wydruku.



Rys. 5.17. Schemat procesu zadruku w maszynie Fujifilm MJP20W MJP20W (Sample Product)

Źródło: http://www.fujifilm.com/products/graphic_systems/package_digital_printing/uv_inkjet_press/#overview (dostęp z dnia 15.03.2017).

W ramach technologii EUCON opracowany został primer, który nanosi się w pierwszej kolejności i znacząco polepsza jakość nadruku. Proces drukowania odbywa się za pomocą głowic drukujących SAMBA. Maszyna przeznaczona jest do druku na podłożach w postaci folii z różnych tworzyw sztucznych. Urządzenie na razie jeszcze nie jest dostępne w sprzedaży, ale – jak informują w Fujifilm – było testowane w kilku drukarniach japońskich [18, 19].

Kodak Extended Gamut Plus Digital Varnish (XGV). Do zadruku etykiet i opakowań giętkich firma Kodak oferuje system Extended Gamut Plus Digital Varnish, który pozwala na zadruk podłoży w postaci folii z tworzyw sztucznych (BOPP, PE i PET). System był prezentowany na targach drupa 2016. Wykorzystano w nim moduły drukujące Kodak Prosper S na bazie technologii drukowania ciągłego strumienia (ang. *continuous ink-jet*) Kodak Stream. Głowice drukujące wykonane są w technologii MEMS (*Micro Electro-Mechanical Systems*) i generują krople o dwóch wymiarach: mniejsze są usuwane za pomocą strumienia powietrza, a większe – o wymiarach 4 pl – trafiają na podłoże. Pozwala to osiągać rozdzielczość 600×1800 dpi: 600 dpi w kierunku poprzecznym, a 1800 dpi zgodnie z kierunkiem ruchu podłoża. Maksymalna wydajność procesu drukowania wynosi 300 m/min. W maszynie zastosowano atramenty na bazie wody o kolorach CMYK, a w rozszerzonym standardzie barw – CMYK+OGB lub dodatkowe kolory specjalne Pantone. Może być stosowany przezroczysty atrament (wodny) dla uzyskania efektu lakierowania [20, 21].

Landa W10 – opracowana przez firmę Landa Group zwojowa maszyna W10 przeznaczona jest do produkcji opakowań na podłożach giętkich oraz tekturze litej. Technologia nanografii polega na tym, że atrament, zawierający nanocząsteczki pigmentu w dyspersji wodnej, natryskiwany jest najpierw na podgrzewany pas transmisyjny (pośredni). Na podgrzanym pasie pośrednim z atramentu odparowuje woda i wytwarza się cienka warstwa polimerowa o grubości ok. 500 nm, która następnie przenosi się (przylepia) na podłoże, przez co osiąga się wysoką jakość nadruku niezależnie od podłoża. Uzyskuje się nadruk odporny na ścieranie, a dzięki temu, że w momencie przenoszenia obrazu na podłoże następuje utrwalenie nadruku, z procesu wyeliminowano jakiejkolwiek dodatkowe operacje utrwalania czy suszenia. Maszyna drukuje za pomocą ośmiu kolorów atramentów z rozdzielczością 1200 dpi i prędkością do 200 m/min. Pierwszą instalację maszyny zaplanowano w firmie Reflex (Anglia) w 2017 r. [22,23].

Firma Screen, oprócz znanego na rynku opakowań giętkich systemu natryskowego Screen Truepress Jet L350UV, posiada w swojej ofercie nowe urządzenie Truepress Jet L250AQ (premiera na targach Labelexpo Americas 2016). W maszynie Truepress Jet L350UV zastosowano atramenty (CMYK+W) utrwalane promieniotworem UV. Głowice drukujące umożliwiają drukowanie z rozdzielczością 600×600 dpi i objętością kropli 3 pl. Dla maszyny jest dostępne modułowe rozwiązanie w zakresie

obróbki wykończeniowej Screen JetConverter L350. Pozwala ono na takie operacje, jak: lakierowanie, laminowanie, wykrawanie i cięcie wzdłużne. Nowy model Truepress Jet L250AQ drukuje za pomocą specjalnie opracowanych atramentów wodnych z rozdzielczością 1600×1600 dpi (*high quality mode*), z minimalną objętością kropli 1pl i maksymalną prędkością do 18 m/min [24].

Tabela. 5.1. Parametry techniczne wybranych systemów natryskowych przeznaczonych do zadruku etykiet i opakowań giętkich

Producent	Model	Maksymalna szerokość zadruku, mm	Maksymalna wydajność, m/min	Rozdzielczość/objętość kropli	Atramenty: kolor/(rodzaj)	Utrwalenie
Domino Digital Printing Solutions	Domino N610i	333	75	600×600 dpi /	CMYK+W, CMYK+OV+W/ (UV)	UV
Durst	Tau 330	330	48	720×1260 dpi/ 6-42 pl	UV/ CMYK, CMY-K+W, CMYK+OV, L/ (UV)	UV
EFI	Jettrion 4950lx	330	47	720×720 dpi/ 6-42 pl	UV/ CMYK, CMY-K+W/(UV)	LED UV
Epson	SurePress L-4033AW/A	330	5	720×720 dpi/3-13 pl	CMYKOG, CMYKOG+W/ (na bazie wody)	IR
	SurePress L-6034VW / L-6034V	330	15	600×600 dpi/ 3,2-18 pl	CMYK, CMYK+W, L/ (UV)	LED UV
Fujifilm	MJP 20W	540	50	1200×1200 dpi/ 2,4-13,2 pl	CMYK+W	LED UV
Kodak	Extended Gamut plus Varnish (XGV)	1250	300	600×1800 dpi/ 4pl	CMYK, CMYK+OGR, Pantone, L/ (na bazie wody)	IR
Landa Group	Landa W10	1032	200	1200×1200 dpi	CMYK+OGB_W/ (na bazie wody)	IR
Screen	Truepress Jet L350UV	322	50	600×600 dpi/ 3 pl	CMYK+W/ (UV)	UV
	Truepress Jet L250AQ	250	18	1600×1600 dpi/ 1-2 pl	CMYK/ (na bazie wody)	b.d.

Źródło: [25].

5.3. Natryskowe urządzenia wielkoformatowe

W większości drukujących urządzeń wielkoformatowych (urządzeń szerokoformatowych, ploterów) wykorzystuje się natryskowe metody drukowania. Wielkoformatowe nadruki są drukowane zarówno na dużych arkuszach lub zwojach papierowych, lub na podłożach z tworzyw sztucznych, jak i na innych podłożach, takich jak na przykład płyty szklane, panele podłogowe i meblowe oraz tkaniny.

Najważniejszą zaletą tego drukowania jest możliwość uzyskania bardzo dużych formatów zadruku. Ponadto, ogromny wybór mediów, pozwalający nanosić wydruki na niemal dowolne podłoża oraz obiekty i umożliwiający zastosowanie identycznej grafiki w najróżniejszych okolicznościach stanowi istotną zaletę tej technologii druku. Wydruki takie nie mają wysokich wymagań co do rozdzielczości, jak w przypadku innych druków (biurowych, nakładowych), ale ze względu na to, że część produkcji stanowi reklama zewnętrzna, wymaga to od wydruków dużej światłotrwałości, odporności na działanie wilgoci oraz zmienne warunki temperaturowe. Reklama zewnętrzna (*outdoor*) przybiera różne formy, takie jak: plakaty, afisze, billboardy, citylighty (podświetlona tablica na przystankach), diapazony (nieoświetlona tablica reklamowa umocowana w betonowej donicy, umieszczona w miejscu publicznym), mobile (dwustronna tablica reklamowa umieszczona na przyczepie ciągniętej przez taksówkę), wielkoformatowe nośniki reklam, plansze, słupy ogłoszeniowe, a także backlight scrolle (tablice z przewijanymi powierzchniami reklamowymi) i inne.

Ze względu na format zadruku, urządzenia do drukowania natryskowego można podzielić na trzy kategorie: urządzenia wielofunkcyjne w tym drukarki biurowe tzw. SOHO (ang. *small office home office*), urządzenia wielkoformatowe (ang. *wide or large format printing*) oraz urządzenia wielkoformatowe określane jako super wielkoformatowe (ang. *superwide or grand format printing*).

Tabela 5.2. Klasyfikacja urządzeń druku cyfrowego

Kategoria urządzeń	Szerokość zadruku
Urządzenia wielofunkcyjne i drukarki SOHO	< 60 cm
Urządzenia wielkoformatowe (<i>wide or large format printing</i>)	60-250 cm
Urządzenia wielkoformatowe określane jako super wielkoformatowe (<i>superwide or grand format printing</i>)	> 250 cm

Źródło: [26].

Klasyfikacja urządzeń ze względu na szerokość zadruku nie jest do końca wyczerpująca, sprawia ona trudności z zakwalifikowaniem urządzeń druku natryskowego wysokowydajnego (produkcyjnego). Z tego powodu, klasyfikacja na bazie

parametru wydajności ($\text{m}^2/\text{godzinę}$) pozwala uwzględnić szerszy zakres wielkoformatowych cyfrowych maszyn drukujących (tabela 5.3).

Tabela 5.3. Klasyfikacja urządzeń cyfrowego druku wielkoformatowego

Kategoria urządzeń	Wydajność	Dominujący rodzaj atramentu
Urządzenia wielofunkcyjne i drukarki SOHO	$< 5 \text{ m}^2/\text{godzinę}$	wodny
Klasyczne urządzenia wielkoformatowe (<i>classical wide format printing</i>)	$5\text{-}20 \text{ m}^2/\text{godzinę}$	wodny i solwentowy
Produkcyjne urządzenia wielkoformatowe (<i>industrial wide format</i>)	$20\text{-}100 \text{ m}^2/\text{godzinę}$	solwentowy i UV
Produkcyjne maszyny natryskowe (<i>industrial ink jet</i>)	$> 100 \text{ m}^2/\text{godzinę}$	UV

Źródło: [26].

Z kolei, ze względu na sposób poruszania się głowicy i podłoża w urządzeniach, rozróżniamy trzy różne rodzaje ploterów natryskowych:

- rotacyjne (bębnowe, zwojowe) – ruch głowicy odbywa się wzdłuż osi x, a podłoże (w postaci zwoju) porusza się w kierunku prostopadłym do ruchu głowicy,
- płaskie – ruch głowicy odbywa się wzdłuż dwóch osi – x i y, względem nieruchomego podłoża w postaci płaskiej lub głowica porusza się w kierunku x, a podłoże w kierunku – y,
- kombinowane, które umożliwiają zadruk podłoży zarówno w postaci zwoju i podłoży płaskich. Często do kombinowanych zalicza się również plotery z funkcją drukowania i wykrawania (ang. *cutter*).

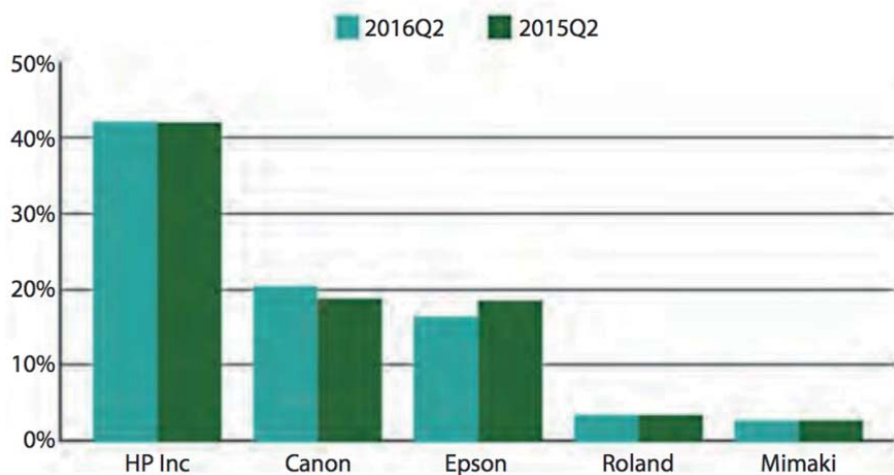
Charakterystyczne dla drukowania wielkoformatowego jest to, że w celu uzyskania wysokiej jakości nadruku stosuje się wielokrotne przechodzenie układu drukującego nad daną powierzchnią. Najwydajniejsze tryby pracy zakładają minimalną liczbę przejść (liczbę PASS), która pozwoli wypełnić kroplami całość drukowanego obszaru, jednak uzyskana grubość warstwy może ograniczyć nasycenie barw oraz rozpiętość (gamut) barw. Osiągnięcie wyższych nasycień wymaga zwykle zastosowania co najmniej czterech przejść nad daną powierzchnią. Zwiększenie liczby przejść głowicy poprawia do pewnego poziomu gamut barw i minimalizuje niebezpieczeństwo pojawiania się niepożądanych efektów, takich jak na przykład paskowanie (ang. *banding*). Wiąże się to niestety z ograniczeniem wydajności całego systemu.

Oto przykładowe tryby pracy plotera Agfa Anapurna 2540 FB: Express Mode – najszybszy tryb drukowania, zalecany do wykonywania szkiców i prostszych grafik, głównie kreskowych, gdzie nie ma dużych nasycień oraz apli. Production Mode

– wydajny tryb produkcyjny dla druków wielkoformatowych przeznaczonych do oglądania z odległości ponad 5 metrów. W takich warunkach nie powinny być widoczne żadne wady obrazu. Poster Mode – tryb kompromisowy między wydajnością a jakością. Druki o formacie B1 lub większym, które są oglądane z odległości co najmniej 1,5 m, nie powinny wykazywać żadnych wad obrazu. Photo Mode – najmniej wydajny tryb dla najbardziej wymagających druków, zawierających trudne ilustracje oraz dużo szczegółów. Charakter prac wymaga, aby były oglądane z odległości poniżej 0,5 m [27].

Urządzenia natryskowe wielkoformatowe mają różne zastosowania i drukują na różnych rodzajach podłoży z zastosowaniem największej gamy atramentów. Oprócz różnego rodzaju reklamy wielkoformatowej (wewnętrznej i zewnętrznej), plotery pozwalają na zadruk paneli podłogowych i meblowych, tapet, tkanin (termosublimacja i bezpośredni zadruk tkanin), szkła i ceramiki. Odrębną grupę stanowią plotery przeznaczone dla cyfrowych systemów odbitek próbnych, tak kontraktowych, jak i impozycyjnych. W ograniczonym stopniu są stosowane w technologii wykonania form drukowych. Niektóre rozwiązania druku wielkoformatowego omówiono w rozdziale poświęconym atramentom (rozdział 6).

Rynek drukowania wielkoformatowego wciąż się zwiększa i przewiduje się jego coroczny wzrost o 1,62% w perspektywie do roku 2021. Do grona kluczowych dostawców urządzeń wielkoformatowych wg analityków RepotsnReports należą firmy Canon, Epson, HP Inc, Mimaki i Roland (rys. 5.18), a wśród znaczących producentów wskazuje się takie firmy, jak Agfa Graphics, Konica Minolta, Kyocera, LexMark, Mutoh, Ricoh i Xerox [1].



Rys. 5.18. Sprzedaż urządzeń wielkoformatowych w drugim kwartale 2015 i 2016 r.
 Źródło: IDC Analyse the Future. Sprzedaż szerokoformatowych printerów rastrowych. Business-Information Review nr 13, 2017, <http://sforp.ru/bireview/review2016n.htm> (dostęp z dnia 05.05.2017).

5.4. Urządzenia do zadruku tekstury falistej

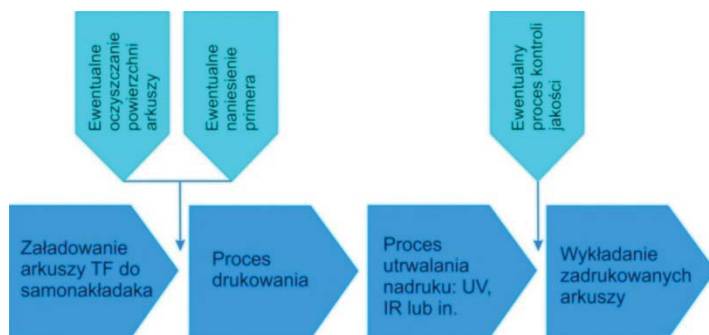
W ostatnich latach zostały opracowane wysokowydajne systemy na bazie drukowania natryskowego do zadruku tekstury falistej. Swoje rozwiązania dla tego sektora rynku oferują firmy Barberan, Bobst, Durst, EFI, HP, SUN Automation Group i Xante [29, 30]. Systemy takie pozwalają na zadruk indywidualnej grafiki nakładem od jednego egzemplarza do kilkudziesięciu tysięcy arkuszy. Drukowanie natryskowe na tekturze falistej posiada szereg zalet w stosunku do dominujących w zakresie postprintu technik klasycznych i, w połączeniu z innowacyjnymi technologiami obróbki, umożliwia m.in.:

- produkcję krótkich serii opakowań, – produkcję na czas (ang. *just in time*),
- produkcję opakowań na zamówienie (ang. *box on demand*),
- personalizację opakowań.

Ze względu na to, że opakowanie lub standy wykonane z tekstury falistej są elementem marketingu, wymienione zalety dają znaczne większe możliwości w zakresie różnych akcji reklamowych i promocyjnych.

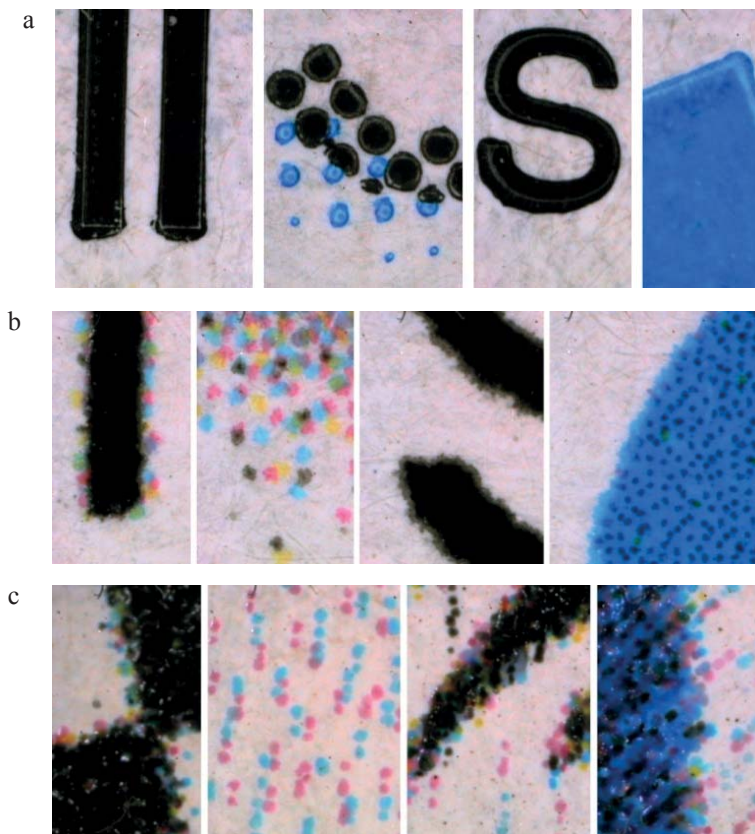
Oprócz tego, są korzyści wynikające z oszczędności materiałów, które uzyskuje się w cyklu produkcyjnym (brak form drukowych, mniejsza ilość odpadów tekstury falistej i farby ze względu na to, że pierwsza odbitka jest już produkcyjną). Dodatkowe korzyści są związane również ze zmniejszeniem powierzchni magazynowych, ponieważ taka technologia umożliwia szybkie wznowienie (dodruk) opakowań, dzięki czemu odpada potrzeba produkcji opakowań na zapas.

Co się tyczy jakości, to brak kontaktu tekstury falistej z formą drukową pozwala uniknąć złamania fali i umożliwia zadruk na zbigowanych arkuszach. Dużą zaletą jest możliwość osiągnięcia wysokich standardów jakości nadruku na papierach (linerach) o niższej gramaturze lub gorszej jakości. Schemat procesu zadruku tekstury falistej metodą drukowania natryskowego przedstawiono na rys. 5.19, a na rys. 5.20 pokazano fragmenty nadruku (w powiększeniu) uzyskane w technice drukowania fleksograficznego i natryskowego.



Rys. 5.19. Schemat procesu zadruku tekstury falistej (TF) metodą drukowania natryskowego

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 5.20. Powiększone fragmenty nadruku na tekturze falistej: a – nadruk fleksograficzny; b – nadruk wykonany w maszynie Barberan Jetmaster 1260, c – nadruk wykonany w maszynie HP Scitex 15500 Corrugated Press
Źródło: opracowanie własne.

Poniżej w porządku alfabetycznym firm-producentów przedstawiono wybrane wysokowydajne cyfrowe systemy do drukowania natryskowego, które przeznaczone są dla bezpośredniego zadruku tektury falistej. Wśród nich są rozwiązania, które obecnie dostępne w sprzedaży, jak również systemy zaplanowane do seryjnej produkcji w najbliższych dwóch latach.

Barberan Jetmaster. Hiszpańska firma Barberan posiada w ofercie serię maszyn Jetmaster, znaną w przemyśle meblarskim (bezpośredni nadruk paneli meblowych), która również oferowana jest na rynek tektury falistej. Na targach drupa 2016 prezentowany był model Jetmaster 1260 dla bezpośredniego zadruku tektury falistej o szerokości do 135 cm i długości nadruku do 3 m. Większą szerokość zadruku posiadają modele 1680 (do 175 cm) i 1890 (do 195 cm). W maszynie zastosowano głowice typu Single Pass i jest możliwość zadruku równoległe dwóch arkuszy tektury falistej. Nadruk odbywa się za pomocą atramentów UV o niskiej migracji. Maszyna jest wyposażona w moduł utrwalający UV-LED. Standardo-

wo w zestawie są atramenty o kolorach CMYK (cyan, magenta, yellow i black), ale paletę drukowanych barw można rozszerzyć, stosując do zestawu dodatkowe kolory – CMYK+LcLm (z kolorami light cyan (Lc) i light magenta (Lm)) lub CMYK+OV (z kolorami orange (O) i violet (V)) można wydrukować do 99% kolorów Pantone). Głowice drukujące o rozdzielczości 360 dpi drukują w trybie Greyscale, generując krople o różnej objętości (cztery poziomy szarości/objętości kropele – 0, 12, 24 i 36 pl), także optyczna rozdzielczość jest na poziomie 1200 dpi. Prace dostarczane są w postaci plików TIFF, JPG, PDF i AI, a oprogramowanie konwertuje je do operacyjnego formatu dla Jetmastera. Konwersja odbywa za pomocą jednego kliknięcia w trakcie drukowania i daje możliwość drukować od 1 do 10 tys. (i więcej) nadruków o takim samym lub zupełnie innych wzorach (każdy arkusz może posiadać zupełnie odmienny wzór nadruku), bez zatrzymania procesu drukowania. Oprogramowanie pozwala monitorować zużycie atramentu dla każdego drukowanego wzoru, a to pozwala na dokładną wycenę każdego zlecenia. Innowacyjne rozwiązania w maszynie Jetmaster 1260 zostały wyróżnione m.in. złotą nagrodą FEFCO¹ (2013 r.) w kategorii „najlepsza innowacja z zakresu produkcji tektury” oraz nominacją EDP Awards 2016² w kategorii „najlepsze przemysłowe urządzenie drukujące” [31-33].

Bobst Digital Printing Press for Corrugated. Maszyna firmy Bobst charakteryzuje się największą wydajnością w tym sektorze druku – drukuje do 200 m/min (ponad 15000 m²/godz.) przy szerokości zadruku 130 cm i długości zadruku 210 cm. W maszynie zastosowano technologie drukowania natryskowego Kodak Stream z wodnymi atramentami (zestaw atramentów CMYK) certyfikowanymi dla zadruku opakowań dla przemysłu spożywczego i głowicami Kodak Prosper. Bobst Digital Printing Press for Corrugated jest przeznaczona do zadruku różnorodnej produkcji: drukowania dużych nakładów (identycznych lub personalizowanych nadruków), druk krótkich serii opakowań, drukowanie reklamy wg zamówień indywidualnych lub różnorodnych zleceń średnim nakładem. Przy produkcji na dużą skalę opakowań z tektury falistej maszyna może być zintegrowana online z urządzeniami przeznaczonymi do produkcji pudeł i innych opakowań z tektury falistej. Obecnie firma poinformowała o testowych przemysłowych instalacjach Bobst Digital Printing Press for Corrugated w kilku drukarniach. Maszyna jeszcze nie jest dostępna w produkcji seryjnej, a już została odznaczona nagrodą EDP Awards 2016 w kategorii najlepsze urządzenie wielkoformatowe dla bezpośredniego zadruku tektury falistej [33].

¹ Europejska Federacja Producentów Tektury Falistej (FEFCO). Skupia krajowe stowarzyszenia producentów tektury falistej na szczeblu Europejskim.

² European Digital Press Association (EDP) to stowarzyszenie europejskich magazynów poligraficznych specjalizujących się w technologiach cyfrowych. Od 10 lat przyznaje nagrody EDP Awards, które przyznawane są najważniejszym nowym produktom reprezentującym różne obszary zastosowania poligraficznych technologii cyfrowych.

Durst Rho 130 SPC (Single Pass Corrugated). W maszynie zastosowano atramenty wodne, które opracowano w ramach technologii Durst Water Technology. Są to nietypowe atramenty hybrydowe, wykonane na bazie wodnej z dodatkiem kompozycji utrwalanej promieniowaniem UV. Wg informacji producenta, składowa UV różni się składem od tradycyjnych atramentów UV, a po zadruku uzyskuje się odbitki pozbawione zapachu, co pozwala na bezpieczne stosowanie takich atramentów w przemyśle opakowaniowym. Atramenty te są certyfikowane dla zadruku opakowań spożywczych nie mających bezpośredniego kontaktu z produktami. Dodatkową zaletą takiej technologii jest to, że proces drukowania przebiega bez zastosowania dodatkowych primerów poprawiających adhezję czy trwałość wydruku, a oprócz tego uzyskuje się atrakcyjny nadruk z połyskiem. Ze względu na skład atramentu, po sekcji drukującej rozmieszczone są dwie sekcje utrwalające – dla procesu utrwalania UV w połączeniu z utrwaleniem IR. Maszyna jest wyposażona w piezoelektryczne głowice drukujące typu Single Pass – Durst SPC Drop-on-Demand o rozdzielczości 800 dpi. Przeznaczona jest do zadruku arkuszy z tektury falistej o grubości 1,5-12 mm oraz szerokości 130 cm i długości do 250 cm i może drukować z prędkością do 120 m/min (9350 m²/godz.) z atramentami CMYK lub CMYKLeLm.

Uwzględniając fakt, że arkusze tańszych gatunków tektury falistej mogą być nierówne, firma opracowała samonakładak Non-Crush, który umożliwia bezkolidyjną pracę z arkuszami tektury, których kształt odbiega od idealnego. Obecny jest również system identyfikacji arkuszy wadliwych, które są usuwane bez zatrzymania pracy maszyny. W ramach koncepcji Durst FlexLine jest możliwość integracji Rho 130 SPC w linie produkcyjne o różnej konfiguracji.

Pomimo tego, że maszyna Durst Rho 130 SPC była pierwszy raz zaprezentowana na targach drupa 2016 (dostępna ma być od początku 2017 r.), to innowacyjność technologii Durst Water Technology, którą stosowano również w innych rozwiązaniach firmy Durst, doceniono przez FEFCO i wyróżniono brązową nagrodą FEFCO Innovation Award w 2015 r. [34, 35].

Aktualnie dostępna propozycja od firmy Durst – to maszyna Rho 1330 Corrugated Postprint System, wyposażona w głowice typu Scanning Head, która drukuje atramentami utrwalanymi promieniowaniem UV na arkuszach tektury falistej z wydajnością do 1250 m²/godz.

EFI Nozomi C18000. Prezentacja tej maszyny również miała miejsce na targach drupa 2016. EFI Nozomi C18000 przeznaczona jest do bezpośredniego zadruku arkuszy tektury i tektury falistej o maksymalnej wielkości 180 × 300 cm (szerokość zadruku 180 cm) z maksymalną prędkością drukowania 75 m/min (7224 m²/godz.). Nadruk możliwy jest na różnych rodzajach tektury falistej A, B,

C, D, E, F, G, N, O, AB, AC, BC, EB, EF oraz tekturze falistej siedmiowarstwowej. W maszynie zastosowano piezoelektryczne głowice drukujące Seiko Instruments typu Single Pass o rozdzielczości 360×720 dpi, które drukują w trybie Greyscale, generując krople o różnej objętości (cztery poziomy objętości kropel). Nadruk odbywa się atramentami utrwalanymi promieniowaniem UV w systemie utrwalania LED UV. Oprócz czterech podstawowych kolorów atramentu (CMYK), dodatkowo mogą być stosowane dwa dodatkowe kolory – pomarańczowy (O) i fioletowy (V), pozwalające na zwiększenie gamy barw oraz atrament biały (W). Maszyna posiada wbudowany moduł dla naniesienia primera. Jest opcja równoległego drukowania dwóch arkuszy, pod warunkiem obecności dodatkowego górnego samonakładaka. Przewidziano również system zdalnego monitoringu drukowania za pomocą web-kamery oraz system kontroli jakości. Maszyna będzie dostępna w 2017 r. [36, 37].

HP PageWide C500. Maszyna została zaanonsowana na targach drupa 2016, gdzie również ogłoszono o strategicznym porozumieniu ze Smurfit Kappa, światowym liderem w zakresie opakowań papierowych i tekturowych, w celu dalszego udoskonalenia technologii. Beta testowanie systemu zaplanowano na rok 2017 w drukarniach w Ameryce Północnej i Europie, a sprzedaż maszyn – na rok 2018. Maszyna wyposażona jest w termiczne głowice drukujące typu Single Pass i drukuje za pomocą specjalnych atramentów wodnych. Producent zapowiada, że dzięki technologii HP Corrugated Grip Technology możliwe będzie osiągnięcie offsetowej jakości nadruku na różnych rodzajach tektury falistej – od tektury falistej z mikrofalą do pięciowarstwowej. Na razie producent nie ujawnił żadnych szczegółów na temat prędkości drukowania, formatu zadruku czy innych danych [38].

HP Scitex Corrugated Press. Obecnie w ofercie firmy HP jest dostępna seria maszyn HP **Scitex Corrugated Press**, która jest mniej wydajna w porównaniu do systemu omówionego wcześniej. Dwa najnowsze modele z tej serii HP Scitex 17000 Corrugated Press (2015 r.) i HP Scitex 15500 Corrugated Press (2014 r.) drukują z wydajnością do $1000 \text{ m}^2/\text{godz.}$ i $650 \text{ m}^2/\text{godz.}$ odpowiednio. Można zadrukowywać arkusze o szerokości 160 cm i długości 320 cm oraz grubości do 25 mm. W maszynie zastosowano głowice typu Scanning Head drukujące w trybie Greyscale dla sześciu kolorów (CMYKLCm) w maszynie HP Scitex 15500 Corrugated Press oraz czterech (CMYK) – w maszynie HP Scitex 17000 Corrugated Press. W maszynach zastosowano atramenty utrwalane promieniowaniem UV – HP HDR240 o niskim zapachu, posiadających certyfikat GREENGUARD GOLD. W tym roku system HP Scitex 17000 (razem z Bobst Digital Printing Press for Corrugated) został nominowany do nagrody EDP Awards 2016 w kategorii najlepsze urządzenie wielkoformatowe dla bezpośredniego zadruku tektury falistej.

SUN Automation CorrStream Digital Printer Series. Firma ma wieloletnie doświadczenie w zakresie rozwiązań dla cyfrowego zadruku tektury falistej. Obecnie oferta firmy to seria maszyn składająca się z CorrStream 20, CorrStream 40 oraz CorrStream 66, które drukują z wydajnością do 70 m/min. Maszyny różnią się formatem zadrukowywanych podłoży – 1600×557 mm, 1600×783 mm i 3000×1345 mm odpowiednio i pozwalają na bezpośredni zadruk tektury falistej z falą od E do BC. W przypadku modelu CorrStream 66 wydajność wynosi ponad 8000 m²/godz. W maszynie zastosowano głowice drukujące typu Single Pass, które pracują w trybie Greyscale. CorrStream bazuje na zastosowaniu atramentów wodnych, a system Dynamic Colour Range (DCR) zapewnia możliwość kontroli jakości i zgodności kolorystycznej wydruku oraz pozwala na oszczędne zużycie atramentu. Najnowszy system CorrStream 66 od stycznia 2016 r. w ramach beta testów został zainstalowany w firmie HSG Packaging [39].

Xante Excelagraphix 4200. Jest to produkcyjny system do zadruku tektury, tektury falistej lub wykrojów opakowań, bazujący na technologii Memjet. System umożliwia zadruk z wydajnością przekraczającą 500 m²/godz. Urządzenie wyposażone jest w pięć głowic (CMYKK) typu Single Pass, drukujących w dwóch trybach rozdzielczości 1600×800 dpi bądź 1600×1600 dpi. Regulowana ścieżka prowadzenia podłoży pozwala na wykonywanie wydruków o formatach od 305×457 mm do $1,067 \times 2,4$ m i grubości do 15,9 mm. Dzięki takiej dużej rozpiętości rozwiązanie to znajduje doskonałe zastosowanie w produkcji różnego typu opakowań: transportowych (zbiorczych i jednostkowych), promocyjnych (np. personalizowane pudełka), zarówno z tektury falistej, jak i litej powlekanej [40, 41].

Podsumowując, należy nadmienić, że drukowanie cyfrowe tektury falistej stanowi obiekt wielkiego zainteresowania producentów. Przystawiony w artykule materiał dotyczy tzw. „drukowania postprintowego”, czyli drukowania cyfrowego bezpośredniego na gotowej tekturze lub wykroju pudła. Tektura falista, a ściślej jej warstwy płaskie, zadrukowywane są również w tzw. „preprincie”, czyli przed sklejeniem z warstwą pofalowaną. Także kaszerowanie tektury gotowej zadrukowanym papierem zaliczane jest do preprintu. W przypadku preprintu wykorzystywane są klasyczne techniki drukowania. Ostatnio niemiecka firma BHS Courrugated Maschinen- und Anlagenbau we współpracy z brytyjską firmą Screen Graphic and Precision Solutions zaproponowała nową technologię cyfrowego zadruku tektury falistej. Drukowanie cyfrowe natryskowe realizowane jest w czasie rzeczywistym i odbywa się w systemie zadrukowywany zwój – arkusz, stanowiąc integralny element produkcyjnej tektury falistej. Jak widać, pomysłowość ludzka nie zna granic w wymyślaniu wariantów drukowania tektury falistej.

Tabela. 5.4. Parametry techniczne maszyn natryskowych przeznaczonych do bezpośredniego zadruku faktury falistej

Urządzenie drukujące	Maksymalna szerokość podłoża, cm	Maksymalna długość podłoża, cm	Grubość podłoża, mm	Rozdzielczość	Prędkość drukowania	Atrament	Główce drukujące
Barberan Jetmaster 1260	135	300	1-70	360 dpi/4 poziomy szarości	55 m/min	UV	Single Pass, CMYK+ LcLm lub
Bobst Digital Printing Press for Corrugated	130	210	Brak danych	Brak danych	200 m/min	wodny	Single Pass CMYK
Durst Rho 130 SPC	130	250	1,5-12	800 dpi	120 m/min	hybrydowy – na bazie wody ze składową UV	Single Pass CMYK+ LcLm.
EFI Nozomi C18000	180	300	Brak danych	360 × 720 dpi/4 poziomy szarości	75 m/min	UV	Single Pass CMYK+ W+2 odatkowe
HP Scitex Corrugated Press 17000	160	320	Do 25	od 450 do 750 dpi (rozdzielczość postrzegana)/ cztery poziomy szarości	10 m/min	UV	Scanning Head CMYK (porusza się podłoże)
SUN Automation CorrStream 66	160	300	Brak danych	600 × 600 dpi lub 600 × 300 dpi	70 m/min	wodny	Single Pass CMYK
Xante Excelagraphix 4200	106,7	240	Do 15,9	1600 × 800 dpi lub 1600 × 1600 dpi	18,3 m/min przy 1600 × 800 dpi lub 9,1 m/min przy 1600 × 1600 dpi	wodny	Single Pass CMYKK

Źródło: [42].

5.5. Urządzenia do bezpośredniego drukowania na kształtkach

Technologia bezpośredniego drukowania na kształtkach (ang. *direct-to-shape*) jest stosowana od niedawna, głównie przy bezpośrednim zadrukowywaniu opakowań metalowych (pojemników w postaci cylindrycznej, zamknięć koronowych, czyli kapsli i innych), z tworzyw sztucznych (tub i butelek) oraz szklanych (butelki). Zastosowanie cyfrowego drukowania natryskowego przy zadrukowywaniu opakowań, w porównaniu do klasycznych metod drukowania (przede wszystkim typoffsetu), ma wiele zalet.

Należą do nich:

- skrócenie czasu produkcji opakowań (tzw. druk na zamówienie),
- zwiększenie efektywności sprzedaży próbnych partii opakowań,
- możliwość testowania nowych towarów na rynku,
- możliwość personalizacji nadruku,
- zmniejszenie powierzchni magazynowych.

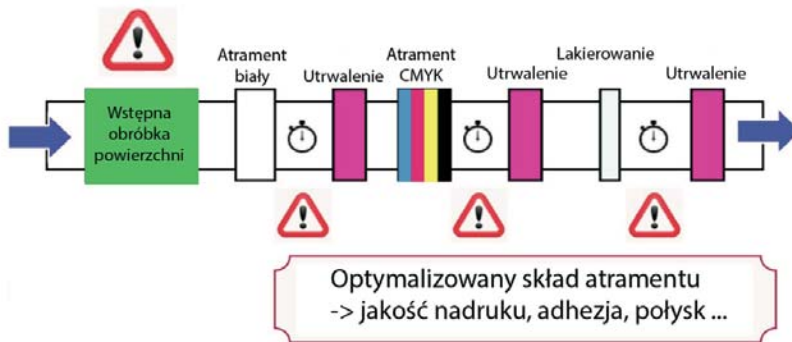


Rys. 5.21. Przykład drukowania natryskowego na butelce za pomocą dwóch głowic drukujących.

Proces drukowania „mokro na mokro”

Źródło: Debbie Thorp D. *Inkjet Printing – Flat and Container Glass*,
<http://www.globalinkjetsystems.com/GlobalInkjetSystems/media/PDF-downloads/GIS-Glassprint-Thorp.pdf>
(dostęp z dnia 02.06.2017).

Proces bezpośredniego zadruku kształtek odbywa się głównie z zastosowaniem atramentów utrwalanych promieniowaniem UV. Ważnym aspektem dla uzyskania dobrej jakości nadruku jest zapewnienia stałej i precyzyjnej odległości pomiędzy głowicą drukującą a obiektem zadrukowywanym. Najczęściej optymalna odległość mieści się w granicach od 1 do 4 mm. Proces drukowania i skład atramentów są dostosowywane zarówno do wydajności procesu drukowania, jak i do wymagań funkcjonalnych obiektów dekorowanych. Często stosowana jest wstępna obróbka powierzchni zadrukowywanej w celu uzyskania dobrej zwilżalności powierzchni przez atrament oraz dobrej przyczepności atramentu do podłoża [43].



Rys. 5.22. Proces bezpośredniego zadruku kształtek

Źródło: Graindourze M., *Industrial inkjet for direct container printing: More than ink on a can*,
<https://www.agfagraphics.com/global/en/articles/papers/direct-container-printing.html>
 (dostęp z dnia 02.06.2017).

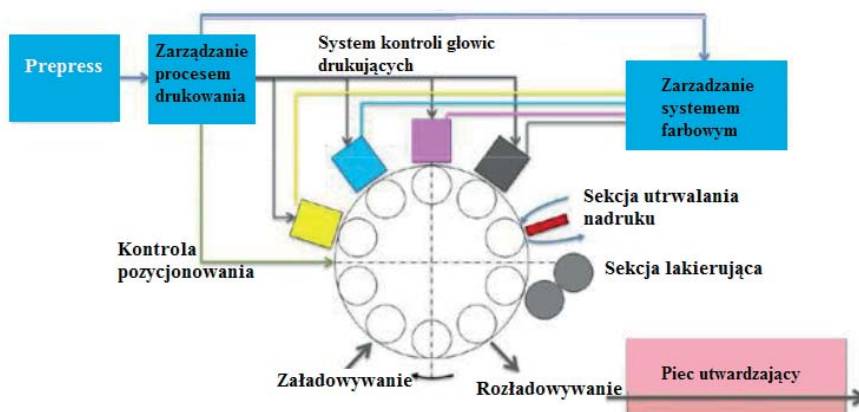
Na współczesnym rynku można znaleźć kilka rozwiązań technologicznych, na bazie drukowania natryskowego, stosowanych do zadruku kształtek. Mogą być wykonane w postaci odrębnego urządzenia lub modułu drukującego. Urządzenia te pozwalają drukować na puszkach metalowych, na butelkach i tubach z tworzyw sztucznych, tubach tekturowych, a głowice drukujące mogą być dostosowane do zadruku zupełnie innych podłoży, takich jak na przykład tektura falista czy folia. Poniżej przedstawiono kilka takich rozwiązań.

Firma Tonejet Limited posiada w swojej ofercie maszyny do drukowania natryskowego, pozwalające na drukowanie puszek stalowych i aluminiowych do napojów (rys. 5.23), jak również zamknięć (stalowych i aluminiowych) oraz pojemników aluminiowych do aerozoli. Najnowsza maszyna to Tonejet's 2-Piece Can & Tube Digital Decorator. Jest wyposażona w osiem głowic CMYK (dwa zestawy głowic CMYK) drukujących w technologii kropli na żądanie (drop-on-demand) ze zmienną wielkością kropli (Greyscale) – wielkość kropli zmienia się od 0,4 pl do 2,0 pl bez zmniejszenia prędkości druku. Nadruk uzyskuje się w postaci cienkiej warstwy farby o grubości $< 0,5 \mu\text{m}$, co jest ważne w szczególności w produkcji opakowań do żywności, a dodatkowo zapewnia wyjątkowo niski koszt wydruku. Tonejet Digital Dekorator pozwala na uzyskanie zupełnie różnych nadruków na każdej puszcze, bez konieczności zatrzymywania linii produkcyjnej.

Podstawowe etapy procesu drukowania to:

- załadowywanie maszyny drukującej/sekcji drukującej puszkami, na powierzchni których wstępnie naniesiono lakier podkładowy,
- wykonanie nadruku czterokolorowego metodą druku natryskowego (CMYK),
- utrwalenie termiczne nadruku,
- naniesienie na całą powierzchnię lakieru ochronnego „overprint varnish”,
- utwardzanie nadruku z lakierem ochronnym w piecu utwardzającym.

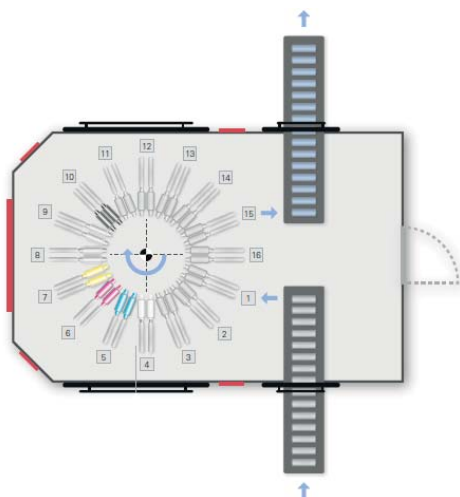
Maszyna pozwala wykonać nadruk o szerokości do 200 mm. Rozdzielczość nadruku wynosi 600×600 dpi (4 bit na kolor). Prędkość druku wynosi 120-200 puszek na minutę (zależy od średnicy puszki).



Rys. 5.23. Schemat zespołu drukującego maszyny Tonejet znajdującej się w firmie Packaging Europe

Źródło: *Tonejet Today: An Update*, InfoTrends 201, http://www.tonejet.com/wp-content/uploads/2013/01/Tonejet_Update_InfoTrends_Jan2012.pdf (dostęp z dnia 12.07.2015).

W ofercie niemieckiej firmy Hinterkopf jest też zupełnie nowa maszyna do druku natryskowego D 240 (Digialdruckmaschine D 240), przeznaczona do drukowania na metalowych cylindrycznych kształtkach (stal, aluminium), tj. puszkach, pojemnikach aerozolowych, tubach, butelkach metalowych. Drukowane mogą być także kształtki z tworzyw sztucznych (PE, PP, PET). Maszyna drukuje za pomocą atramentów utrwalanych promieniowaniem UV. Można stosować do ośmiu kolorów atramentów np. CMYK + dwie farby specjalne (lub sześć farb Hexachrome) oraz farbę podkładową i lakier ozdobny (rys. 5.24).



Rys. 5.24. Kolejność operacji w maszynie drukującej D240 (wygląd z góry):

1 – załadowywanie opakowań, 2 – kontrola pozycjonowania, 3 – sekcja czyszczenia, ew. obróbka wstępna (np. koronowanie powierzchni tworzyw sztucznych), 4-12 – sekcje drukujące, np. CMYK + dwa kolory specjalne (lub Heksachrome), farba podkładowa i lakier ozdobny, 13 – sekcja utwardzania, 14 – sekcja kontroli nadruku, 15 – rozładowywanie
 Źródło: *Tonejet Today: An Update*, InfoTrends 2012, http://www.tonejet.com/wpcontent/uploads/2013/01/Tonejet_Update_InfoTrends_Jan2012.pdf (dostęp z dnia 12.07.2015).

Uzyskuje się wysokojakościowy nadruk wielobarwny o rozdzielczości do 1200 dpi. Szybkość drukowania jest uzależniona od kształtu i wynosi od 80 do 240 opakowań na minutę [44]. Maszyna była zaprezentowana na targach Metpack 2014, a latem 2014 została wyróżniona nagrodą InterTech Technology Award 2014 PIA, jako rozwiązanie prawdziwie innowacyjne i zapewniające postęp w sektorze poligraficznym [45].

Kolejny przykład, to maszyna natryskowa CP100 firmy INX Intl. Ink Co., która już od 2010 r. działa na rynku komercyjnym. Przeznaczona jest do zadruku opakowań metalowych o kształcie cylindrycznym. Dedykowana do krótkich serii opakowań, drukuje z wydajnością pięciu opakowań na minutę, co pozwala drukować wersje prototypowe opakowań, próbne serie i krótkie serie nakładowe. Maszyna wyposażona jest w głowice drukujące firmy Xaar (posiada od czterech do ośmiu głowic) i drukuje za pomocą specjalnie opracowanych przez firmę INX Intl. Ink Co. atramentów utrwalanych promieniowaniem UV LED. Druk odbywa się z rozdzielczością do 720×1000 dpi, ze zmienną wielkością kropli (technologia Greyscale): wielkość kropli zmienia się od 6 do 42 pl, co pozwala osiągać wysoką jakość nadruku [46, 47].

Niemiecka firma KHS Innoprint, należąca do holdingu KHS, który specjalizuje się w produkcji butelek PET, rozlewaniu i etykietowaniu posiada maszynę dla bezpośredniego druku na butelkach PET. Maszyna drukuje z prędkością do 36 tys. butelek/godzinę (CMYK+ W) z rozdzielczością 1080×1080 dpi (głowice Xaar) za pomocą atramentów utrwalanych promieniowaniem UV LED o niskiej migracji. Po zużyciu butelki można poddawać recyklingowi, farba łatwo oddziela się w procesie recyklingu [48, 49].

Firma Heidelberg opracowała technologię druku natryskowego UV na trójwymiarowych obiektach 4D. Heidelberg używa terminu druk 4D, aby opisać wygodne i spersonalizowane drukowanie na różnych trójwymiarowych obiektach, takich jak piłki, butelki, produkty sportowe, zabawki i inne masowo produkowane przedmioty. Heidelberg Omnifire 250/1000 to nowa nazwa maszyn drukujących w tej technologii, zastępująca poprzednią nazwę Heidelberg Jetmaster Dimension 250/1000. W maszynie Omnifire 250 (premiera 2015) wykorzystuje czteroosiowe ramię robota, natomiast Omnifire 1000 sześćoosiowe. Omnifire 250 potrafi zadrukować przedmioty o kształcie regularnym i wymiarach 10-30 cm, natomiast Omnifire 1000 (premiera koniec 2016), ze względu na zastosowanie 6-osiowego robota, potrafi zadrukowywać przedmioty o nieregularnych kształtach do długości 1,4 m [50].

5.6. Natryskowe maszyny do uszlachetniania druków

Obecnie na rynku są maszyny działające na bazie drukowania natryskowego, które umożliwiają naniesienie lakieru wybiórczo lub całościowo z różnymi efektami tekstury (3D), a połączenie lakierowania z innymi opcjami pozwala

uzyskać efekty tłoczenia folią i in. Maszyny takie przeznaczone są nie tylko do lakierowania odbitek cyfrowych, ale również analogowych, na przykład w przypadku krótkich serii nakładowych. Pierwsza natryskowa maszyna dla lakierowania off-line JETvarnish opracowana została przez francuską firmę MGI Digital Graphic Technology i zaprezentowana na targach drupa 2008. W maszynach tego typu zamiast atramentu stosuje się lakier utrwalany promieniowaniem UV. Ze względu na zastosowanie technologii drukowania natryskowego można nanosić dane zmienne, oznacza to, że obszar lakierowania może zmieniać się od odbitki do odbitki.

Do zalet metody lakierowania cyfrowego natryskowego należą:

- brak kontaktu podłoża z elementami zespołu nanoszącego lakier,
- dostosowanie się do krótkich nakładów,
- uzyskanie różnorodnych efektów połysku w jednym cyklu. Efekty te uzyskuje się nie przez zastosowanie różnych lakierów, a dzięki technologii druku natryskowego: poprzez zmianę objętości kropli, algorytmu jej naniesienia oraz proces utrwalenia,
- uzyskanie dodatkowych efektów (tekstura, brokat).

Lakier naniesiony metodą drukowania natryskowego spełnia te same funkcje, co lakier naniesiony metodami konwencjonalnymi:

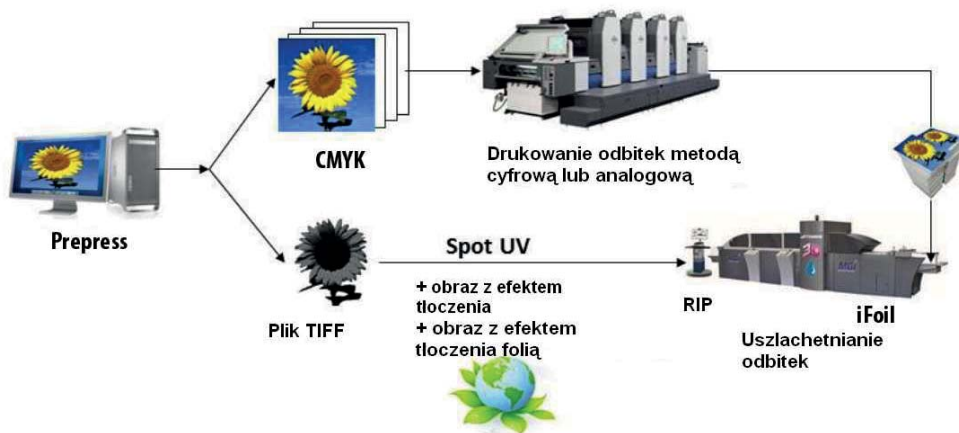
- zwiększa atrakcyjność druków (różne efekty optyczne),
- zwiększa odporność nadrukowanych kolorów na działanie czynników zewnętrznych (polepsza światłotrwałość, odporność na działanie wilgoci i ścieralność nadruku),
- polepsza właściwości barierowe (w przypadku opakowań).

Pomysł zastosowania atramentu przezroczystego utrwalanego promieniowaniem UV do celów lakierowania na pewno miał miejsce już wtedy, kiedy zaczęto drukować atramentami UV, ale rozwiązania przemysłowe pojawiły się dopiero w 2008 r. Wiąże się to z tym, że profesjonalne metody lakierowania powinny sprostać szeregowi wymagań, między innymi uzyskiwać równomierną warstwę lakieru, osiągać wymagany efekt połysku. Przykładem natryskowych urządzeń do lakierowania mogą być maszyny MGI JETvarnish (prezentacje maszyny na drupa 2008, a w 2012 wersja JETvarnish 3D), szereg urządzeń firmy Scodix (prezentacja na drupa 2012), maszyna Spotmatic firmy Komfi (prezentacja na drupa 2008) oraz dmax firmy Steinemann. Główne tendencje w tym segmencie rynku – to zwiększenie formatu zadruku (nawet do B1+) i wydajności.

MGI Digital Graphic Technology. W natryskowej maszynie MGI JETvarnish lakier wybiórczo nanosi się za pomocą głowic piezoelektrycznych Konica Minolta typu Single Pass (technologia „drop-on-demand”) o rozdzielczości 1200 × 1200 dpi. Przed utrwaleniem naniesiona warstwa lakieru podgrzewa się w celu uzyskania równomiernej grubości, a następnie utrwała się promieniowaniem UV (LED UV). Lakierowanie może być wybiórcze bądź powierzchniowe, z różnymi efektami połysku (satyna, gloss i ultra gloss), bądź z efektem różnych faktur/tekstur.

Firma MGI obecnie posiada najszerszą gamę urządzeń do lakierowania UV metodą natryskową dostępną zarówno w wersjach arkuszowych od formatu B2 do B1+, jak i w wersji zwojowej o szerokości do 420 mm. JETvarnish 3D Evolution & iFoil to urządzenie do cyfrowego lakierowania i tłoczenia folią na gorąco w linii arkuszy w formacie B1+. Wydajność maszyny: do 4000 odbitek B2/godz. lub 3000 odbitek B2/godz. Podstawową zaletą urządzenia jest jego swoboda konfigurowania w zakresie formatów od B2+ (52×120 cm) poprzez format 64×120 cm do formatu B1+ (75×120 cm). Bazowa konstrukcja maszyny jest ta sama dla wszystkich ww. konfiguracji. Klient, który zdecyduje się wstępnie na mniejszy format, może z czasem dokupić kolejne głowice, zwiększając możliwości formatowe bez konieczności wymiany maszyny na większą. JETvarnish 3DW to zwojowa maszyna o szerokości zwoju do 420 mm dla uszlachetnień za pomocą folii oraz lakieru UV w technologii natryskowej. Przeznaczona jest głównie dla przemysłu opakowań giętkich i etykiet. JETvarnish 3D to jedno z najbardziej rozpowszechnionych urządzeń (ponad 200 instalacji na świecie) do uszlachetniania cyfrowego w formacie B2+. Posiada szeroki zakres zastosowań: akcydensy reklamowe, opakowania, oprawy książkowe i fotoalbumy, druk pismem Braille'a i uszlachetnianie druków z tworzyw sztucznych, np. kart lojalnościowych.

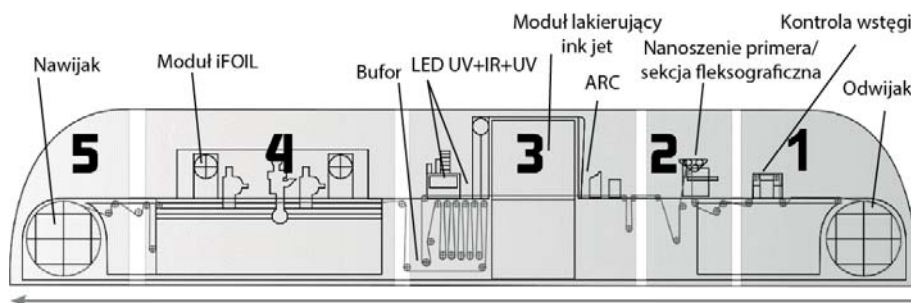
Maszyny są wyposażone w RIP, prace mogą być dostarczane w postaci plików PDF, TIFF lub in., a obraz przeznaczony do lakierowania w pliku powinien być zadany jako Spot Color. Jest możliwość wykonania korekty obrazu lakierowanego, ze względu na deformację odbitek, na przykład w trakcie drukowania. Wszystkie modele z rodziny JETvarnish 3D wyposażone są w dwa rzędy głowic lakierujących, pozwalające na nanoszenie wybiórcze lakieru w postaci tekstury lub gładkiej w zakresie od 3 do 200 mikrometrów.



Rys. 5.25. Proces lakierowania z udziałem maszyn JETvarnish

Źródło: MGI iFOIL, <http://www.centralofficesystems.com/Content/files/MGIiFOILOptionbrochure.pdf> (dostęp z dnia 10.06.2017).

Dodatkowo każde z urządzeń może być wyposażone w moduł iFoil do zdobienia w linii folią na gorąco (*hot stamping*), przy czym w jednym przebiegu może być zastosowanych kilka różnych kolorów folii. Metoda cyfrowego tłoczenia folią na gorąco polega na tym, że na wydruk najpierw nanosi się lakier, następnie w module iFoil odbitka podgrzewa się (temperatura ok. 150-200°C) i do miejsc wypukłych (z lakierem) dociska się folia do tłoczenia na gorąco. Pod wpływem temperatury warstwa metalizowana (lub inna) z folii zostaje przeniesiona do podłoża w obszarach pokrytych lakierem, a reszta zostaje usunięta. Stosując większe grubości nadruku lakieru, uzyskuje się efekt tłoczenia wielopoziomowego z folią.



Rys. 5.26. JETvarnish 3DW

Źródło: Pisera K., *Uszlachetnianie cyfrowe opakowań i etykiet – MGI JV 3DW, Materiały Sympozjum Fleksograficznego Scorpio, kwiecień 2017.*

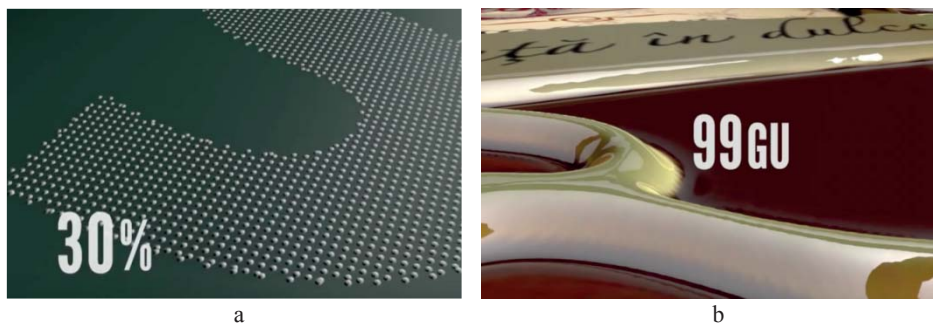
Dokładne pasowanie nadruku na arkuszu (do $\pm 200 \mu\text{m}$) uzyskuje się dzięki technologii ARC, opartej na dwóch kamerach, a najnowsza opcja (prezentacja na drupa 2016) AIS (The Artificial Intelligence SmartScanner), działająca na bazie skanera, pozwala na bardzo precyzyjne nanoszenie lakieru bez konieczności wcześniejszego dodawania na wydrukach paserów. AIS eliminuje także problemy wynikające z przekoszenia dużych formatów oraz zmian wymiarowych podłoża. Cały proces tłoczenia i lakierowania jest w pełni cyfrowy i może być wykonany przy użyciu tylko jednego lakieru, a aplikowane zdobienia mogą być w pełni zindywidualizowane [51-53].

Scodix. Izraelska firma Scodix opracowała technologię lakierowania natryskowego z możliwością uzyskania różnorodnego reliefu powierzchni w technologii Scodix SENSE™, z wykorzystaniem lakieru Scodix PolySENSE. Technologia ta została wdrożona już w pierwszych maszynach do lakierowania natryskowego firmy. Uzyskany relief może posiadać różną grubość i przypomina efekt tłoczenia wielopoziomowego, nadając powierzchni naniesionego lakieru efekt różnych faktur/tekstur. Początkowo firma dla swojej technologii zarezerwowała nazwę Digital Embosing – tłoczenie cyfrowe, ale później zmieniła na Sense. Cechą charakterystyczną nadruku jest to, że po zadruku lakier nie rozcieka się na powierzchni,

a tworzy reliefowy nadruk, co – w połączeniu z technologią Grayscale – pozwala uzyskiwać niesamowite efekty objętościowe (efekt tekstury). Możliwe jest uzyskanie grubości lakieru od 5 do 250 μm . Dokładne pasowanie nadruku na arkuszu (do $\pm 120 \mu\text{m}$) uzyskuje się dzięki technologii Scodix RSP, opartej na systemie kamer CCD.

Pierwsza maszyna dla naniesienia lakieru Scodix 1200 prezentowana była w 2010 r. na targach Ipex. Obecnie w ofercie firmy jest seria maszyn Scodix S, Scodix Ultra oraz najnowszy model Scodix E106 przeznaczony dla lakierowania druków opakowań z tektury formatu B1 (rozdzielczość $600 \times 2540 \text{ dpi}$, wydajność 4000 odbitek/godz.). Do serii maszyn Scodix S należą maszyny Scodix S52 Press o formacie zadruku B3+ ($353 \times 520 \text{ mm}$), Scodix S74 Press o formacie zadruku B2+ ($520 \times 735 \text{ mm}$), Scodix S75 Press oraz Scodix S75 Pro Press o formacie zadruku B2+ ($530 \times 750 \text{ mm}$). Do serii Scodix Ultra należą maszyny Scodix Ultra Pro™ Digital Enhancement Press oraz Scodix Ultra™ Digital Enhancement Press [54, 55].

Technologia lakierowania 3D ScodixSENSE pozwala wybiórczo nanosić nie tylko rysunek w postaci kresek czy apli, ale również obraz o różnym stopniu pokrycia (od 1% do 100%). Jest możliwość uzyskania kilku innych efektów w połączeniu z lakierowaniem: Scodix Inkjet-Braille – pismo Braille’a formowane jest za pomocą warstwy lakieru o grubości 250 μm , Scodix Spot, Scodix Foil, Scodix Digital Embossing, Scodix Metallic, Scodix Braille, Scodix Cast & Cure i in.



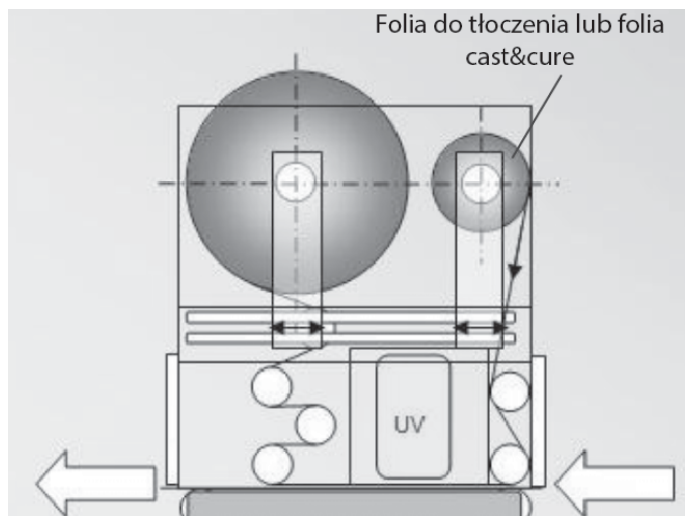
Rys. 5.27. Widok obszaru z lakierem z pokryciem 30% (a) oraz fragment obrazu wybiórczo polakierowanego z maksymalnym połyskiem (b)

Źródło: <http://scodix.com/product/scodix-ultra/> (dostęp z dnia 10.06.2017).

Moduł Scodix Foil Station pozwala na realizację cyfrowego procesu tłoczenia folią (tłoczenie folią na zimno, *cold foil*) oraz, używając folii cast&cure, uzyskanie efektów holograficznych 3D. W tym celu firma Scodix podpisała porozumienie z Compact Foilers Ltd (UK) na dostarczenie modułów dla tłoczenia folią oraz technologią cast and cure (z folią nośną dyfrakcyjną).

Moduł Scodix Rainbow daje możliwość naniesienia lakieru z cząsteczkami brokatu w technologii Scodix Digital-Glittering. W tym procesie lakier PolySENSE jest nanoszony na podłoże, a w następnej kolejności nanosi się proszek brokatowy.

Na technologię Scodix Digital-Glittering – naniesienie warstwy lakieru z brokatem – firma uzyskała patent. Podobny efekt można uzyskać tylko przy lakierowaniu metodą sitodruku.



Rys. 5.28. Moduł do tłoczenia folią Compact Foilers: umożliwia tłoczenie typu cold foil lub folią cast&cure

Źródło: <https://twitter.com/compactfoilers> (dostęp z dnia 10.06.2017).

Komfi. Czeska firma Komfi, producent analogowych maszyn lakierujących (Fullmatic) posiada w swojej ofercie maszyny do lakierowania wybiórczego Spotmatic. Spotmatic 54 posiada format zadruku 54×100 cm, bazuje na druku natryskowym z lakierem utrwalanym promieniowaniem UV i umożliwia uzyskanie powłoki lakieru o efekcie matu lub połysku. Maszyna najnowszej modyfikacji posiada 8 głowic natryskowych drukujących z rozdzielczością 360 dpi. Technologia I2IR (Image to Image Registration) zapewnia dokładne pasowanie wybiórczego lakierowania z obrazem drukowanym. Jest możliwość wielokrotnego przejścia arkusza przez sekcję drukującą dzięki rozwiązaniu w postaci stołu próżniowego w strefie drukowania, co umożliwia nanoszenie kilku warstw lakieru. Maksymalna wydajność maszyny przy naniesieniu jednej warstwy – 2400 odbitek/godz. Komfi posiada również maszynę w formacie B1 (76×102 cm) – Spotmatic 76 [54].

Steinemann Technology. W 2014 r. szwajcarska firma Steinemann Technology opracowała arkuszową cyfrową maszynę dla lakierowania metodą drukowania natryskowego dmax 106 (digital maximum) formatu B1 (format arkuszy od 300×300 do 1080×780 mm) z lakierem utrwalanym promieniowaniem UV. Obecnie do serii maszyn dmax, oprócz dmax 106, należą jeszcze dwie maszyny dmax 76 i dmax 76c z formatem zadruku 760×760 mm. Wszystkie modele dmax pracują z wydajnością 10000 odbitek minimalnego formatu/godz. (7000 B1/godz. w przypad-

ku d_{max} 106 lub 8500 B2/godz.). Rozdzielczość druku wynosi 600×600 dpi, a w trakcie lakierowania uzyskuje się grubość naniesionej warstwy lakieru od 4 do 50 g/m^2 , opcjonalnie – do 100 g/m^2 [56]. Od 2017 r. w maszynach d_{max} można będzie również wykonywać cyfrowe tłoczenie folią za pomocą modułu dfoil. Wydajność konfiguracji d_{max} z modułem dfoil wynosi 5800 odbitek/godz.

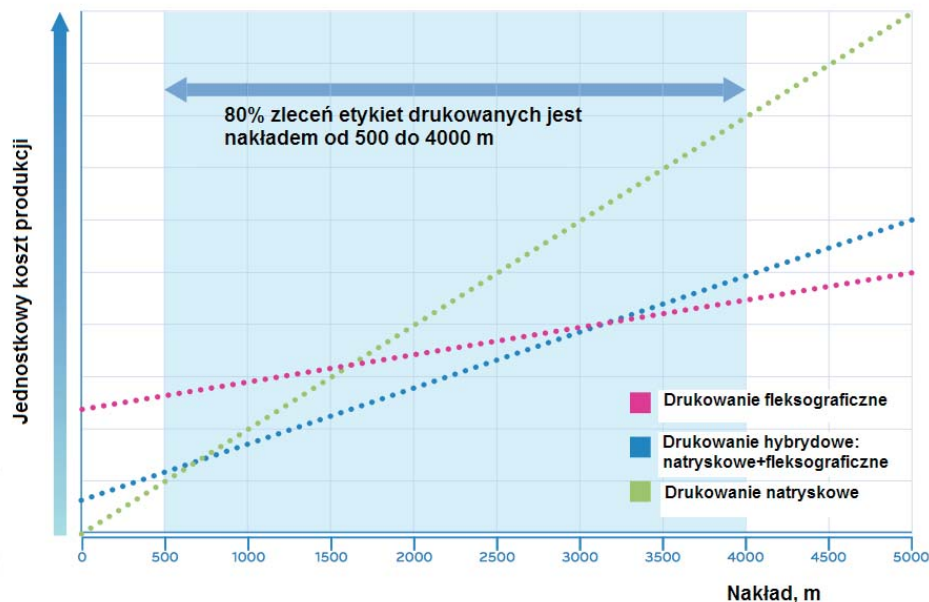
Autobond. Angielska firma posiada w swoim asortymencie maszyny dla cyfrowego lakierowania UV formatu od $36 \times 57 \text{ mm}$ do $74 \times 102 \text{ mm}$. Maksymalna wydajność lakierowania wynosi 36 m/min. Najnowszy model Autobond Spot UV formatu B1 jest wyposażony w głowice natryskowe Xaar, drukujące z rozdzielczością od 320 do 720 dpi, a utrwalanie lakieru odbywa się za pomocą diod LED UV. Grubość warstwy lakieru uzyskana w jednym przejściu – od 20 do $150 \text{ }\mu\text{m}$ – uzyskuje się poprzez nałożenie kilku kropel lakieru w jednym punkcie. Jest możliwość naniesienia lakieru w kilku przejściach [57].

5.7. Maszyny hybrydowe

Drukujące maszyny hybrydowe łączą kilka technologii druku. W maszynach hybrydowych łączących technologie drukowania klasycznego i natryskowego możliwe są dwa rozwiązania:

- zintegrowanie modułów natryskowych w maszynach klasycznych (offsetowych, fleksograficznych i in.),
- zintegrowanie modułów drukowania klasycznego w maszynach natryskowych.

Pierwsze rozwiązanie dominowało na początku rozwoju drukowania natryskowego, a drugie pojawiło się w ostatnich latach. Posiadanie modułu natryskowego w maszynach klasycznych pozwala na bardziej opłacalny druk większych nakładów, w których zmienia się tylko niewielka część obrazu. Obecnie pojawiła się możliwość modernizacji za pomocą zespołu natryskowego już zainstalowanych u klientów maszyn fleksograficznych. A producenci maszyn natryskowych wprowadzają inne rozwiązanie – uzupełniają maszyny natryskowe niezbędnymi sekcjami drukowania klasycznego. Szczególnie ważna jest sekcja drukowania fleksograficznego dla drukowania podkładu białego. Oczywiście, poddruk atramentem białym można uzyskać i za pomocą głowic natryskowych, ale może to generować większe koszty. Podobne rozwiązanie dotyczy również lakierowania. Dzięki technologii hybrydowej możliwe jest wytworzenie spersonalizowanego gotowego produktu w jednym przejściu przez maszynę. Najwięcej maszyn hybrydowych produkuje się dla segmentu druku etykiet i opakowań giętkich: Digital Series firmy Mark Andy, Gallus Labelfire, MPS EF SYMJET, Nilpeter Panorama, FFEI Graphium [58, 59]. Na rys. 5.29 przedstawiono zakresy opłacalności drukowania etykiet metodą hybrydową, natryskową i fleksograficzną na przykładzie FFEI Graphium. Oprócz tego są hybrydowe maszyny do drukowania gazet i do drukowania na kształtkach (KBA-Kammann K-15 i K20).

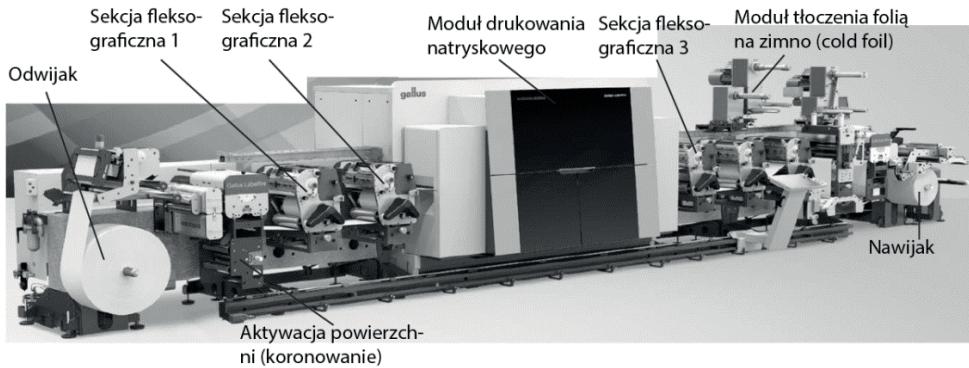


Rys. 5.29. Koszt produkcji pojedynczej etykiety wydrukowanej z zastosowaniem technologii drukowania fleksograficznego, natryskowego i hybrydowego (drukowanie natryskowe+fleksografia)

Źródło: http://www.ffei.co.uk/wp-content/uploads/2016/10/GRAPHIUM_BrochureV19_digital_Compressed_April2016.pdf (dostęp z dnia 10.06.2017).

Maszyna hybrydowa Digital Series firmy Mark Andy posiada w pełni zintegrowany z maszyną fleksograficzną 5-kolorowy system drukowania natryskowego (CMYK+W (biały kolor opcjonalnie)) z atramentami utrwalanymi promieniowaniem UV o maksymalnej szerokości 320 mm. Podstawę stanowi maszyna fleksograficzna Performance. Maszyna hybrydowa używa tych samych technologii kontroli ruchu, obsługi wstęgi wykańczania po druku (sitodruk, wykrawanie, tłoczenie folią), co i podstawowa maszyna fleksograficzna i może drukować z prędkością 76 m/min. Modułowa architektura pozwala na indywidualną konfigurację maszyny [60].

Maszyna Gallus Labelfire do 2016 r. nazywała się Gallus DCS 340 (Digital Converting System). Model został opracowany na bazie znanej i popularnej maszyny fleksograficznej Gallus ECS 340. W maszynie przed modulem drukowania natryskowego na bazie głowic Fujifilm Dimatix Samba (rozdzielczość 1200 × 1200 dpi) mogą być zainstalowane dwie sekcje drukowania fleksograficznego, w tym jedna dla drukowania podkładu białego, a po drukowaniu natryskowym – klasyczne technologie obróbki od Gallus (drukowanie fleksograficzne, sitodruk, tłoczenie, laminowanie, lakierowanie i in.) [58].

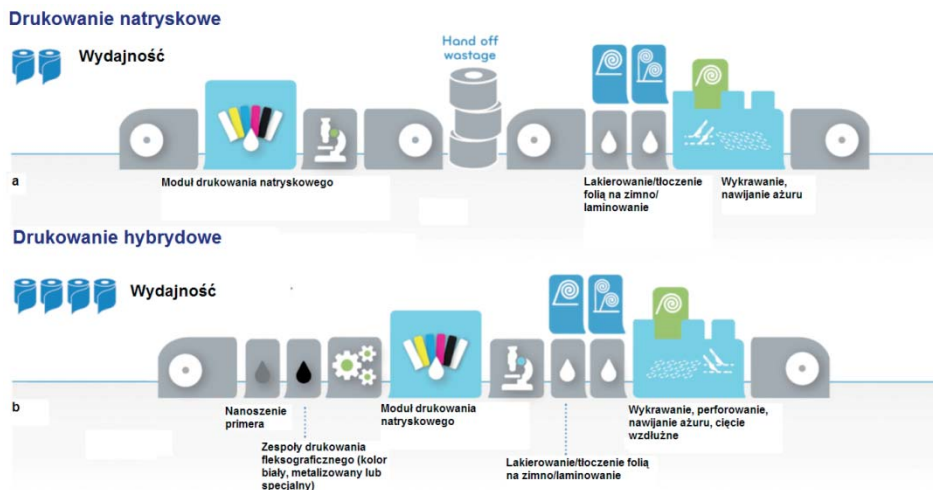


Rys. 5.30. Maszyna Gallus Labelfire 340

Źródło: http://www.gallus-group.com/docs/default-source/product-documents/Gallus-DCS-340/gallusdcs340_broschuere_a4_en_screen.pdf?sfvrsn=8
(dostęp z dnia 10.06.2017).

Firma Domino, wspólnie z MPS, opracowała hybrydową maszynę do drukowania etykiet MPS EF SYMJET, która powstała na bazie platformy maszyny fleksograficznej MPS EF, zintegrowanej z modułem Domino N610i. Maszyna posiada również liczne warianty obróbki po druku: wykrawanie, tłoczenie, laminowanie i in. Cyfrowa natryskowa maszyna dla druku etykiet firmy Nilpeter Panorama może być wykonana w wersji hybrydowej, łącząc na przykład drukowanie natryskowe z fleksograficznym i/lub sitodrukiem oraz modułami obróbki po druku (tłoczenie, wykrawanie i in.). Wg danych z początku 2017 r., na świecie zainstalowano siedem maszyn Panorama, w tym trzy hybrydowe. Moduł drukowania natryskowego bazuje na technologii drukowania z atramentami utrwalanymi promieniowaniem UV o niskiej migracji (firmy Toyo), głowice generują krople o objętości 3 pl i drukują prędkością do 50 m/min. Według producenta, maszyna może być konkurencyjna przy drukowaniu nakładem do 4000 m. Rozdzielczość druku natryskowego wynosi 600×600 dpi z czterema poziomami gradacji, szerokość zadruku do 322 mm CMYK+W [61].

Maszyna FFEI Graphium została stworzona w oparciu o wieloletnią wiedzę technologiczną firmy FFEI w zakresie budowy cyfrowych maszyn inkjetowych. Premiera maszyny miała miejsce w 2013 r. Maszyna FFEI Graphium posiada sześć drukujących modułów natryskowych (na bazie głowic drukujących Xaar 1001 i atramentów UV Uvijet Graphium (opracowanych przez Fujifilm Speciality Ink Systems) i może mieć do sześciu modułów fleksograficznych, które mogą być umieszczone tak przed sekcją natryskową, jak i po (rys. 5.31). W technologii drukowania cyfrowego ostatnio pojawiła się możliwość dodatkowego koloru białego. Maszyna wykorzystuje technologię wstępnej obróbki elektrycznymi wyładowaniami koronowymi, czyszczenia wstęp, a po druku jest możliwość takich operacji, jak lakierowanie, tłoczenie folią, wykrawanie i in. Szerokość zadruku wynosi 410 mm, a wydajność – do 45 m/min [62].



Rys. 5.31. Schematyczne przedstawienie cyklu produkcyjnego na maszynie FFEI Graphium:

- a – z zastosowaniem drukowania natryskowego i operacji wykańczających;
 - b – z zastosowaniem drukowania fleksograficznego i natryskowego oraz operacji wykańczających
- Źródło: http://www.ffei.co.uk/wp-content/uploads/2016/10/GRAPHIUM_BrochureV19_digital_Compressed_April2016.pdf (dostęp z dnia 10.06.2017).

Za przykład połączenia drukowania offsetowego z natryskowym mogą posłużyć wspólne rozwiązania firmy Kodak i Manroland. Na targach drupa 2016 na stoisku firmy Kodak prezentowana była maszyna Prosper 6000S Hybrid (szerokość zadruku do 620 mm) połączona in-line z offsetową maszyną zwojową Manroland web systems. Głowice Prosper Heads mogą wdrukować w publikację zmienne dane: kody kreskowe, QR, dane teleadresowe, numerację itp. Głowice mogą być zainstalowane na różnych etapach produkcji, począwszy od instalacji na maszynie offsetowej i wdrukowywania danych w jednym przebiegu, skończywszy na urządzeniach w introligatorni [63]. Zupełnie inne rozwiązanie jest w ofercie firmy KBA-Kammann GmbH. KBA-Kammann GmbH jest znanym producentem maszyn sitodrukowych i produkuje obecnie maszyny hybrydowe przeznaczone dla bezpośredniego zadruku kształtek. W seriach maszyn K15 i K20 połączono technologie sitodruku i drukowania natryskowego. Seria K20 jest produkowana w dwóch odmianach: w wersji z podstawowym podajnikiem K21 i z dodatkowym podajnikiem – K22 i może drukować na kształtkach o wymiarach od 40 do 450 mm i o średnicy od 20 do 165 mm, a szerokość nadruku atramentowego wynosi do 210 mm. Maszyny mogą drukować na prawie każdym kształcie, a dokładność spasowania pomiędzy poszczególnymi separacjami wynosi $\pm 0,10$ mm. Można drukować na kształtkach wykonanych z takich materiałów, jak plastik, szkło, metal, ceramika i inne [64].

5.8. Inne systemy drukowania natryskowego

Cyfrowe systemy do odbitek próbnych. Natryskowe urządzenia drukujące są ważną częścią cyfrowych systemów do odbitek próbnych. System odbitek próbnych na podstawie cyfrowych urządzeń drukujących składa się z trzech części składowych: części aparaturowej, oprogramowania i materiałów. Do części aparaturowej należą: cyfrowe urządzenie drukujące, komputer i urządzenie kontrolno-pomiarowe (na przykład spektrofotometr). Oprogramowanie powinno umożliwiać takie funkcje, jak: rastrowanie obrazu, diagnostykę i kalibrację systemu, proces zarządzania barwą i tworzenie profili ICC. W postaci urządzenia drukującego w większości obecnych na rynku systemach stosowane są urządzenia drukujące (plotery, drukarki) natryskowe firmy Epson, HP, Canon, Agfa, i in. Co dotyczy podłoża, to najczęściej stosowane są podłoża specjalne i każdy z producentów stosuje swój rodzaj podłoża. Producentów oprogramowania jest na rynku wielu: GMG, EFI, Epson i in. Nazwa systemu proofingowego bierze się od nazwy stosowanego oprogramowania. Oprogramowanie od konkretnego producenta współpracuje z różnymi urządzeniami drukującymi i na odwrót, to samo urządzenie natryskowe współpracuje z oprogramowaniem od różnych dostawców.

Jakość uzyskanej odbitki próbnej w dużym stopniu będzie zależeć od urządzenia drukującego. Tego typu urządzenia zazwyczaj drukują w oparciu o rozszerzoną paletę atramentów – podstawowy CMYK jest rozszerzony o dodatkowe kolory w postaci kolorów jasnych Lc, Lm i Lk oraz/lub kolory specjalne. W cyfrowych systemach natryskowych urządzenia Epson od lat zajmują pozycję lidera, dlatego w niniejszym rozdziale zostaną zilustrowane na podstawie serii urządzeń natryskowych Epson SureColor. Najnowsze urządzenie z tej serii – SC-P5000V – drukuje za pomocą atramentów Epson UltraChrome HDX z dodatkowym atramentem fioletowym, co umożliwia odwzorowanie w druku 99% kolorów Pantone. Uzyskany nadruk charakteryzuje się bardzo wysoką światłotrwałością. Urządzenie drukuje z rozdzielczością 2880×1440 dpi kroplą o objętości 3,5 pl dokładnie odwzorowując drobne szczegóły, co jest ważne przy symulacji na odbitkach próbnych punktów rastrowych. Drukarka wyposażona jest w automatyczny system czyszczenia głowic Timer Cleaning (TCL) oraz opcjonalnie w Epson Spectroproofer – automatyczny spektrofotometr na podstawie urządzenia X-Rite [65].

Natryskowe systemy CTP są to systemy przeznaczone do wykonywania form drukowych za pomocą drukowania natryskowego. Wykorzystuje się je w przypadku wykonania form offsetowych, fleksograficznych i sitodrukowych.

Na początku swojego rozwoju w przypadku technologii wykonania form offsetowych takie systemy, nazywane również iCTP, zakładały wykorzystanie tradycyjnych płyt sensybilizowanych offsetowych, na powierzchni których nadrukowywano – metodą druku natryskowego – obraz, który spełniał rolę formy kopiowej. Następnie taka płyta była tradycyjnie naświetlana i wywoływana. Obecnie w systemach iCTP wyeliminowano proces naświetlania i „mokre” procesy obróbki płyt. Proces wykonania polega jedynie na nadrukowywaniu na powierzchni płyty aluminiowej obrazu za pomocą specjalnego atramentu o właściwościach oleofilowych, wysuszeniu nadruku, a następnie poddaniu tak wykonanej formy procesowi gumowania i przygotowaniu do drukowania. Takie rozwiązanie posiada w swojej ofercie firma Glunz&Jensen w postaci serii urządzeń PlateWriter. Urządzenie (ploter) jest wyposażone w piezoelektryczne głowice drukujące firmy Epson. Pozwala osiągać dobrą jakość nadrukowanego obrazu – rozdzielczość drukowania wynosi od 1440×1440 dpi do 2880×2880 dpi, co pozwala na tworzenie na płycie offsetowej obrazu posiadającego liniaturę 70 l/cm (175 lpi) [66]. W druku stosowane są specjalne atramenty na bazie wody. Z tak wykonanych form offsetowych można wydrukować nakład do 50 tys. odbitek. Najnowszym modelem jest iCTP PlateWriter 3600 Pro, który posiada zwiększony format do 914×1140 mm.



Rys. 5.32. Schemat procesu wykonania form offsetowych w technologii iCTP

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku zastosowania płyt aluminiowych Presstek JT Direct Inkjet-Platten w połączeniu z natryskowymi urządzeniami Epson, nie wymaga się stosowania specjalnych atramentów. Obraz drukuje się na płycie Presstek JT Direct Inkjet-Platt za pomocą standardowych urządzeń Epson SureColor SC-P8000, SureColor SC-P7000, i SureColor SC-P9000 z zastosowaniem zwykłych atramentów. Szerokość zadruku w tych urządzeniach wynosi 431 mm, 609 mm i 1117 mm odpowiednio. Tak wykonane formy offsetowe wytrzymują nakład do 5000 odbitek. Jest możliwość zwiększenia żywotności form do 20000 odbitek za pomocą obróbki termicznej.

Zaletą systemów iCTP jest znacznie niższy koszt sprzętu. Zapotrzebowanie na systemy natryskowe iCTP mają drukarnie z niewielką objętością prac. W 2012 r. udział systemów iCTP wśród wszystkich instalacji systemów CTP wynosił ok. 3,7%.

Firma DigiFlex (Izrael) opracowała technologię wykonania form fleksograficznych z zastosowaniem druku natryskowego DigiFlex FlexoJet. Firma posiada w swojej ofercie natryskowe urządzenie DigiFlex FlexoJet 1725, za pomocą którego na zwykłej płycie fotopolimerowej uzyskuje się nadruk obrazu formy drukowej z wykorzystaniem specjalnego atramentu, który stanowi „nieprzezroczystą maskę” (spełnia funkcję formy kopiowej). Następnie taka płyta jest naświetlana i obrabiana w klasyczny sposób.

Przed zadrukiem, na powierzchnię płyty fotopolimerowej nanosi się specjalną warstwę primera, przy kontakcie z którą kropla atramentu zamienia się w żel. To powoduje, że kropla nie rozplywa się na powierzchni, a uzyskany obraz jest ostry. Oprócz tego, warstwa primera zapobiega utlenianiu się fotopolimera, dzięki czemu, po naświetlaniu uzyskuje się płaski punkt rastrowy na formie fleksograficznej. DigiFlex FlexoJet 1725 może drukować na płytach o maksymalnym formacie 440x640 mm, a maksymalny format zadruku wynosi 432×635 mm. Wydajność procesu zadruku płyty maksymalnego formatu wynosi 14 min (opcjonalnie wydajność może być zwiększona do 8,5 min). Rozdzielczość druku urządzenia DigiFlex FlexoJet 1725 wynosi 2880×1440 dpi. Technologia DigiFlex FlexoJet może być również stosowana do wykonania form typograficznych lub sitodrukowych i jest tańszą alternatywą w porównaniu do klasycznych urządzeń dla małych drukarni [67, 68].

Oprócz powyższych zastosowań, moduły na bazie głowic natryskowych (DOD i CIJ) znalazły szerokie zastosowanie przy znakowaniu i kodowaniu produktów przemysłowych oraz jako jeden z elementów różnorodnych linii produkcyjnych. Przeznaczone są do różnej szerokości nanoszonego obrazu i drukują za pomocą różnych rodzajów atramentów. Nadają się do zadrukowywania powierzchni chłonnych i niechłonnych, płaskich i o zróżnicowanej geometrii powierzchni.

Literatura

- [1] Nowyje rialii drupa 2016, ili „Upakowoczno-cifrowaja pieriegruzka”, <http://www.xerox.ru/press-centre/publications/1073475/> (dostęp z dnia 05.05.2017).
- [2] Tierientjew I., Wopros rulonnoj matematiki. Publish nr 10, 2016, https://www.publish.ru/articles/201610_20013637 (dostęp z dnia 05.05.2017).
- [3] Canon Oce VarioPrint i300, http://www.canon-europe.com/for_work/products/professional_print/digital_colour_production/varioprint_i300/ (dostęp z dnia 05.05.2017).
- [4] Jet Press 720S. Powerful second generation B2 sheet-fed digital inkjet press. Product brochure (2014), <http://www.powerofinkjet.com/wp-content/uploads/2014/09/Jet-Press-720S-Brochure.pdf> (dostęp z dnia 10.05.2017).
- [5] Tierientiew I., *Wostocznyj wzglad na cyfrowuju transformaciju*, https://www.publish.ru/articles/201305_20013055 (dostęp z dnia 05.06.2017).
- [6] Digital production made by Heidelberg. Primefire 106, https://www.heidelberg.com/global/en/products/press/digital_printing/primefire/primefire/_primefire_1.jsp (dostęp z dnia 20.05.2017).

- [7] Khadzhynova S., *Cyfrowy druk natryskowy na drupa 2012*, Przegląd Papierniczy, 2012, nr 6, ss. 365-367.
- [8] Wandelt P., *Wielkie premiery KBA przed drupa*, Przegląd Papierniczy, nr 4, 2012.
- [9] Kodak Prosper 6000^{OC} (2016), http://www.kodak.com/KodakGCG/uploadedFiles/Graphics/Products/Printers_and_Presses/Prosper_Platform/Prosper_6000/Resources/PROSPER_6000C_Press_datasheet_en.pdf (dostęp z dnia 05.05.2017).
- [10] Nanografia: praktyczny sprawdzian, Poligrafika nr 5 2017 s. 10-11, <http://www.printdaily.ru/news/3398> (dostęp z dnia 22.05.2017).
- [11] The N610i digital label press. High print quality at flexo speeds, [http://www.dominoprinting.com/Global/en/DocumentLibrary/N610i-\(EN\).pdf](http://www.dominoprinting.com/Global/en/DocumentLibrary/N610i-(EN).pdf) (dostęp z dnia 10.01.2017).
- [12] Durst Tau 330. Labeling Technology & Solutions, http://durst-tau330.com/wp-content/uploads/2013/05/Durst_Tau330_ApplicationSheet_052913.pdf (dostęp z dnia 10.01.2017).
- [13] Durst Tau 330E. The Economical Standalone. UV Inkjet Label Printer, http://www.durst.it/media/Tau_330E-IX4210EN.pdf (dostęp z dnia 02.01.2017).
- [14] EFI Jetrion 4950. Higher Image Quality for More Opportunity, http://www.grafitecweblabels.com/jetrion_range/EFI_Inkjet_Jetrion_4950LX_BR_UK_v1.8_R1_WEB.pdf (dostęp z dnia 05.01.2017).
- [15] Cyfrowa maszyna do druku etykiet SurePress L-4033. Wszelchstronne drukowanie. Niezmienna jakość, https://www.epson.pl/files/assets/source/a/u/t/s/a2723-brochure-lores-pl-pl-surepress_l-4033.pdf (dostęp z dnia 05.02.2017).
- [16] SurePress L-6034VW/L-6034V, http://assets.epson-europe.com/eu/Label_Expo_2013/assets/downloads/SurePress-6034-Datasheet.pdf (dostęp z dnia 15.02.2017).
- [17] Konzistentní Barvy, Špičkový Výsledek, https://www.epson.cz/files/assets/source/a/r/c/r/a2723-brochure-lores-cs-cz-surepress_l-6034vw.pdf (dostęp z dnia 15.03.2017).
- [18] Pittman D., *Fujifilm to launch UV LED inkjet press for Japan's flexible packaging market*, <http://www.labelsandlabeling.com/news/latest/fujifilm-launch-uv-led-inkjet-press-japans-flexible-packaging-market> (dostęp z dnia 15.03.2017).
- [19] MJP20W (Sample Product), http://www.fujifilm.com/products/graphic_systems/package_digital_printing/uv_inkjet_press/#overview (dostęp z dnia 05.05.2017).
- [20] Kodak. EXTENDED GAMUT PLUS DIGITAL VARNISH, http://graphics.kodak.com/KodakGCG/uploadedFiles/Graphics/Products/Printers_and_Presses/PROSPER_Imprinting_Systems/Imprinting_Systems/PROSPER_S10/Resources/Kodak_XGV_datasheet_en.pdf (dostęp z dnia 05.05.2017).
- [21] Madsen N., Digital on film, <http://www.paperandprint.com/digital-labels-and-packaging/features/dlp-2016/september-2016/20-09-16-digital-on-film.aspx#.WKdnSvIwDkk> (dostęp z dnia 20.05.2017).
- [22] Landa W10, <http://www.landanano.com/products/landa-w10> (dostęp z dnia 05.05.2017).
- [23] Khadzhynova S., Jakuciewicz S., *Sposoby drukowania cyfrowego*, Monografia, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2016.
- [24] Truepress Jet L250AQ Digital Inkjet Label Press, <http://www.screenamericas.com/tpj-l250aq/> (dostęp z dnia 05.05.2017).
- [25] Khadzhynova S., *Drukowanie etykiet i opakowań giętkich metodą natryskową*, Przegląd Papierniczy nr 5 (73) 2017, s. 317-321.
- [26] UV-curable Inks. The Future of Industrial InkJet Printing, https://shop.ndgraphics.com/Products/Media/Docs/UVinks_info.pdf?_hstc=108337501.514756f51aad28a6d-480b0896ec071ba.1407456000052.1407456000053.1407456000054.1&_hssc=108337501.1.1407456000055&_hsfp=1314462730 (dostęp z dnia 30.08.2014).

- [27] Anapurna M2540 FB, http://www.spandex.com/Images/Anapurna_M2540FB_BROCHURE_tcm50-8016.pdf (dostęp z dnia 04.02.2016).
- [28] Chawla P., *Cifrowe tworzenie*, <http://sforp.ru/bireview/review2017p.htm> Business-
-Inform Review nr 15, 2017, <http://sforp.ru/bireview/review2017p.htm> (dostęp z dnia 05.06.2017).
- [29] CCE International 2015 presents innovative technology and application oriented seminars, <http://www.mackbrooks.com/news/press-release/cce-international-2015presents-innovative-technology-and-application-oriented-seminars/> (15.07.2016).
- [30] Cleary N., *Corrugated targeted as the next digital domain*, <http://www.fespa.com/news/features/corrugated-targeted-as-the-next-digital-domain.html> (dostęp z dnia 12.07.2016).
- [31] Jetmaster Series Digital printing Solution, <http://www.barberan.com/ru/catalogos.html> (dostęp z dnia 05.07.2016).
- [32] FEFCO Gold Award for the New Barberán Inkjet Press, <http://www.blueboxpartners-news.eu/fecco-gold-award-for-the-new-barberan-inkjet-press/> (dostęp z dnia 05.07.2016).
- [33] The innovating power in our digital industry, 27 Trophies for EDP Award 2016 winners, <http://www.edp-net.org/edpweb/index.php> (dostęp z dnia 25.07.2016).
- [34] Durst Water Technology – Durst Rho 130 SPC, <http://www.swiatdruku.eu/Archiwum/Rok-2016/Gwiazdy-targow-drupa-Katalog/Durst-Water-Technology-Durst-Rho-130-SPC> (dostęp z dnia 25.07.2016).
- [35] Strożek A., *Nagrody FEFCO Innovation Award ogłoszone*, <http://www.swiatdruku.eu/Czytelnia/Z-ostatniej-chwili/Wydarzenia/Nagrody-FEFCO-Innovation-Award-ogloszone> (dostęp z dnia 25.07.2016).
- [36] New Nozomi press launched by EFI 08 Jun 2016, <http://www.paperandprint.com/digital-printer/news/dp-2016/june-2016/08-06-16-efi-nozomi.aspx#.V8dXhjWls-0> (dostęp z dnia 25.07.2016).
- [37] EFI Nozomi C18000, <https://www.efi.com/products/inkjet-printing-and-proofing/efi-industrial-single-pass-technology/efi-nozomi-c18000/overview/> (dostęp z dnia 25.07.2016).
- [38] Smurfit Kappa and HP to Revolutionise Corrugated Post-Print Production, <http://print-packagingblog.com/page/3/> (25.07.2016).
- [39] SUN Automation Group® Announces Successful CorrStream Beta Testing with HSG, <http://www.sunautomation.com/NewsAndEvents/2016/05/15/SUN-Automation-Group-Announces-Successful-CorrStream-Beta-Testing-with-HSG-> (dostęp z dnia 25.07.2016).
- [40] Xante Excelagraphix 4200. Custom Full Color Containers In Seconds, <http://xante.ondrasek.cz/upload/Xante-E4200-Web-Spec-Ir.pdf> (dostęp z dnia 25.07.2016).
- [41] Pierwsza w Polsce drukarka Xante EG4200 do druku opakowań tekturowych, <http://www.scorpio.com.pl/PL/Wiadomosci/Wydarzenia/ObjectId/244/Default.aspx> (dostęp z dnia 25.07.2016).
- [42] Khadzhynova S., Jakucewicz S., *Bezpośredni zadruk tektury falistej w technologii drukowania natryskowego*, Przegląd Papierniczy, nr 9 (72), 2016, s. 554-558.
- [43] Graindourze M., *Industrial inkjet for direct container printing: More than ink on a can*, <https://www.agfagraphics.com/global/en/articles/papers/direct-container-printing.html> (dostęp z dnia 02.06.2017).
- [44] Tonejet Today: An Update. InfoTrends 2012, http://www.tonejet.com/wpcontent/uploads/2013/01/Tonejet_Update_InfoTrends_Jan2012.pdf (dostęp z dnia 12.07.2015)
- [45] Hinterkopf Captures InterTech Technology Award. Friday, August 15, 2014,

- <http://whattheythink.com/news/69876-hinterkopf-captures-intertech-technologyaward/> (dostęp z dnia 12.05.2015).
- [46] UV Digital Cylindrical Printer Model CP100, <http://www.inxinternational.com/cpevolve/cp100brochure.pdf> (dostęp z dnia 12.07.2015).
- [47] Khadzhynova S., Havenko S., Proć O., *Opakowania metalowe i metody ich drukowania*, Opakowanie, nr 2, 2016, ss. 54-59.
- [48] Leahey B., *Brewing in Belgium: KHS & Martens Brouwerij Ramp Up „Direct-to-Shape” Printing*, August 19, 2015, <http://blog.infotrends.com/?p=19867#more-19867> (dostęp z dnia 04.02.2016), <http://www.printdaily.ru/articles/2627> (dostęp z dnia 03.05.2017).
- [49] Szapinowa N., *Ubijcy etykietok – kto oni*, <http://www.printdaily.ru/articles/2627> (dostęp z dnia 02.04.2014).
- [50] Zapalska B., *Gdy jedynym ograniczeniem jest wyobraźnia...*, Poligrafika nr 4, 2017.
- [51] Nadchodzi uszlachetnianie cyfrowe w... Caffepoint.eu, Poligrafika nr 11, 2016
- [52] Rodzina maszyn MGI JETvarnish 3D, Świat druku nr 7-8 (dodatek), 2016.
- [53] Bobrow W., Gorszkowa L., *Tiechnologia lakirowanija pieczatnoj produkcji*, MGUP, Moskwa 2015.
- [54] Tierientiew I., *Efiektnaja „cyfra”*, Publish nr 9, 2016, https://www.publish.ru/articles/201609_20013609 (dostęp z dnia 10.06.2017).
- [55] Scodix, <http://scodix.com/commercial/products/>
- [56] Dmax 76 & 106. Digital spot and relief varnishing for sheet substrates, http://www.steinemann.com/wp-content/uploads/Steinemann_Flyer_A4_dmax_76_106_EN_2016_Web-1.pdf (dostęp z dnia 10.06.2017).
- [57] Autobond laminating&UV coating machinery, <http://www.autobondlaminating.com/index.php/spot-uv-inkjet/suv> (dostęp z dnia 10.06.2017).
- [58] Martin Leonhard Hybrid printing systems – is the future already here? (Part 1 and 2), <http://www.gallus-group.com/en/gallus/whitepaper/2016/03/07/hybrid-printing-systems-is-the-future-already-here> (dostęp z dnia 12.05.2017).
- [59] 2016.11.07, Автор: Юрий Захаржевский Цифровая этикетка: медленно, но верно?, https://www.publish.ru/articles/201611_20013641 (dostęp z dnia 10.06.2017).
- [60] Krawczak T., *MarkAndy: świetne rezultaty Dni Otwartych*, Poligrafika nr 4, 2017.
- [61] Zacharzewski J., *Cifrowaja upakowka i etykieta 2.0.*, Publish, nr, 3, 2017, https://www.publish.ru/articles/201703_20013685 (dostęp z dnia 10.06.2017).
- [62] Increasing the profit margin on every label you produce. Broszura, http://www.ffe.co.uk/wp-content/uploads/2016/10/GRAPHIUM_BrochureV19_digital_Compressed_April2016.pdf (dostęp z dnia 02.02.2017).
- [63] Druk cyfrowy w nowym modelu wydawniczym – rozwiązania firmy Kodak, Świat Druku nr 10, 2014 s. 34-35.
- [64] K 20 CNC. Vollautomatische Mehrfarben-Druckmaschine Fully Automatic Multi-Color Printing Machine Machine automatique d'impression multicolore, http://kba-kammann.com/cms/upload/Produkte/Prospekt_K20.pdf (dostęp z dnia 10.06.2017).
- [65] Epson SureColor SC-P5000V/SC-P5000 Violet Spectro, <https://www.epson.co.uk/products/printers/large-format-printers/surecolor-sc-p5000-violet-240v> (dostęp z dnia 10.06.2017).
- [66] iCTP Systems, <http://www.glunz-jensen.com/products/offset/ictp> (dostęp z dnia 02.06.2017).
- [67] Digiflex Technology, http://www.digiflex-print.com/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=3.
- [68] DigiFlex FlexoJet 1725. Dane techniczne, <http://www.digiflex-print.com/images/pdf/brochure%20-%20polish.pdf> (dostęp z dnia 02.06.2017).

6. ATRAMENTY DO DRUKOWANIA NATRYSKOWEGO (ANG. *INK-JET INKS*)

6.1. Klasyfikacja atramentów stosowanych w drukowaniu natryskowym

W drukowaniu natryskowym (ang. *ink-jet printing*) stosowane są różne rodzaje farb, zwanych w tej technice atramentami lub rzadziej tuszami. Rodzaj atramentu jest zależny od zastosowanego systemu drukowania. Najczęściej produkowane są atramenty triadowe i czarne.

Do technologii ciągłego strumienia (CIJ) stosowane są atramenty barwnikowe rozpuszczalnikowe o lepkości zamykającej się w przedziale 3-5 mPa s. Jako rozpuszczalniki stosowane są złożone rozpuszczalniki zawierające ketony i alkohole. Stosowane barwniki muszą być czyste od domieszek soli kuchennej, krzemu, żelaza i wapnia [1].

W technologii kropli na żądanie (DOD), w której dominującymi technologiami są: technologia termiczna (TIJ) i technologia piezoelektryczna (PIJ) stosowane są różnego rodzaju atramenty. Do technologii termicznej wykorzystuje się atramenty wodorozcieczalne lub wodne. Krople tworzone są w temperaturze dochodzącej do 350°C.

Technologia piezoelektryczna (PIJ) wykorzystuje różne atramenty: rozpuszczalnikowe, wodne, termotopliwe, olejowe, utwardzane promieniowaniem UV itp.

Ze względu na zastosowane rodzaje barwidła, atramenty dzielą się na: pigmentowane (ang. *pigmented*), zwane potocznie w Polsce pigmentowymi oraz barwnikowe (ang. *dye*). Ostatnio ze względu na coraz szersze zastosowanie w przemyśle nanotechnologii, pojawiły się atramenty, mające w charakterze środka barwiącego nanopigmenty.

Ze względu na rodzaj stosowanego spoiwa, stosowane są atramenty wodorozcieczalne (zwane popularnie w Polsce wodnymi), na bazie rozpuszczalników organicznych (solwentowe, w tym tzw. ang. *low solvent*, *hard solvent* i *ekosolvent*), olejowe, utwardzane promieniowaniem UV (atramenty UV) oraz atramenty termotopliwe (stosowane w drukowaniu stał atramentowym) [2, 3]. Receptury poszczególnych typów atramentów są złożone (niemniej niektóre z nich zostaną przytoczone w dalszej części rozdziału). Atramenty muszą spełniać standardowe wymagania stawiane farbom drukowym, takie jak: określona barwa, termin ważności, odporność na światło (światłotrwałość) itp., ponadto muszą posiadać ściśle określone właściwości fizyko-chemiczne, narzucane przez stosowane różnego rodzaju głowice drukujące.

W tabeli 6.1 przedstawiono właściwości atramentów stosowanych w różnych technologiach drukowania natryskowego.

Tabela 6.1. Właściwości różnych rodzajów atramentów

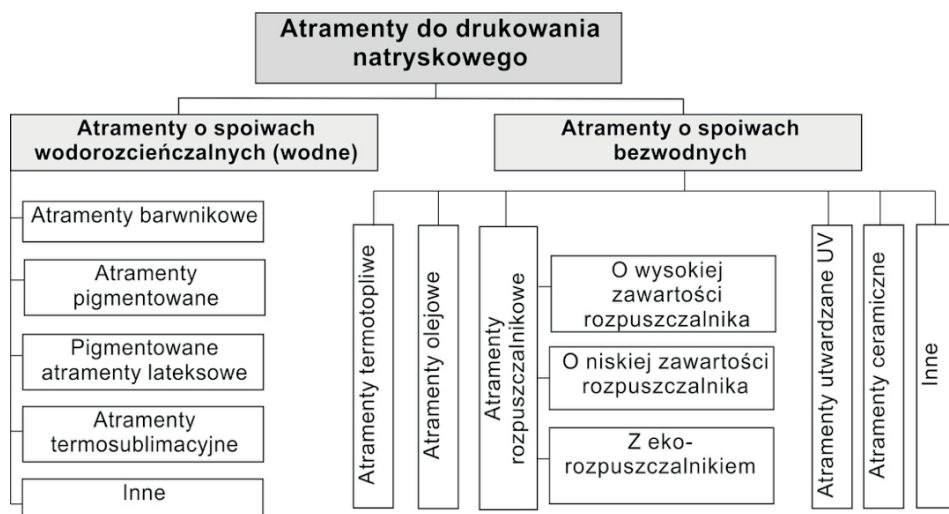
	Rodzaj atramentu	Lepkość [mPa·s]	Grubość warstwy atramentu [μm]	Objętość kropli [pl]	Sposób schnięcia
Technologia ciągłego strumienia	Na bazie rozpuszczalnika, wody lub MEK (metyloetyloketonu)	1-5	<5	5-100	Absorpcja, odparowanie
Technologia termiczna	Na bazie wody	1-5	<5	6-30	Absorpcja, odparowanie
Technologia piezoelektryczna	Na bazie wody, oleju lub rozpuszczalnika	5-20	<5	4-30	Absorpcja, odparowanie
	Termotopliwy	10-30	12-18	20-30	Obniżenie temperatury
	Utrwalany promieniowaniem UV	15-30	10-20	10-30	Fotopolime- ryzacja

Źródło [4].

Przykładowo, każda głowica drukująca posiada swoje wymagania, co do napięcia powierzchniowego i lepkości stosowanych atramentów. Głowice piezoelektryczne funkcjonują z atramentem o lepkości w granicach około 15 mPa·s, a głowice termiczne – poniżej 3 mPa·s.

Rodzaj stosowanego atramentu będzie także zależeć od rodzaju i właściwości zadrukowywanego podłoża. Z kolei od rodzaju atramentu, jego właściwości i interakcji z podłożem będzie zależeć grubość nadrukowanej warstwy farby i jakość obrazu, zwłaszcza w drukowaniu wielobarwnym. Przy stosowaniu atramentów ciekłych grubość nadrukowanej warstwy farby będzie w granicach 0,5 μm. Przy wykorzystaniu farb utrwalanych promieniowaniem UV oraz farb termotopliwych grubość nadruku wynosi od 10 do 15 μm, co może powodować niepożądany widoczny relief. Dla porównania – w druku offsetowym jednokolorowym warstwa nadruku wynosi około 0,7 μm [3].

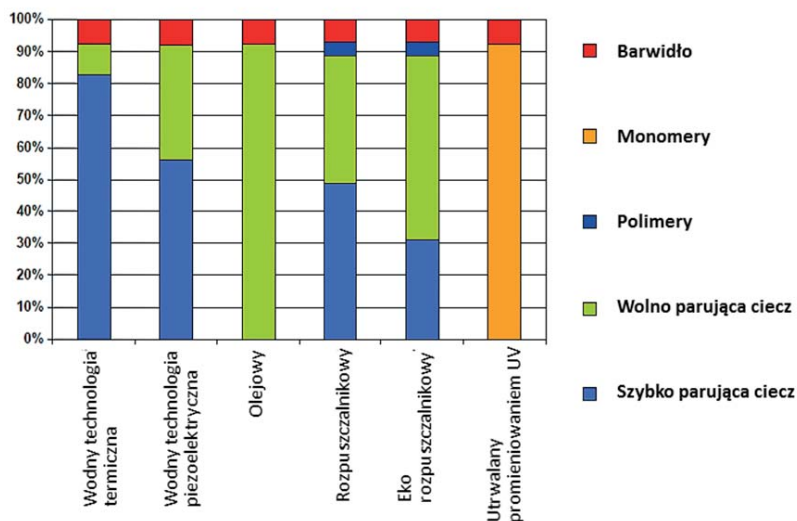
Na rys. 6.1 przedstawiono schemat klasyfikacji atramentów natryskowych.



Rys. 6.1. Schemat klasyfikacji atramentów natryskowych

Źródło: opracowanie własne.

Na rys. 6.2 przedstawiono różnice w procentowym składzie podstawowych składników różnego rodzaju atramentów.



Rys.6.2. Różnice w składach wybranych atramentów

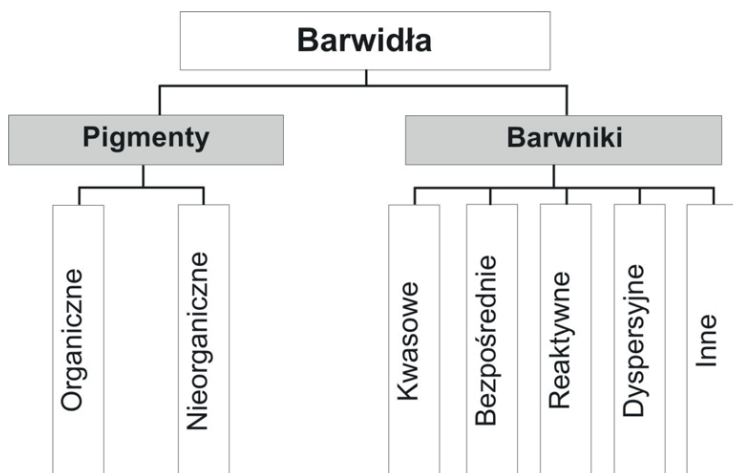
Źródło: Shil Digital Imaging: Inkjet Training March, 2009 r.

Dlatego, przy opracowaniu receptury atramentu, powinno się uwzględniać nie tylko wymagania ze względu na głowicę drukującą, ale również współdziałanie atramentu z podłożem, jego wpływ na zdrowie personelu obsługującego maszynę drukującą, wpływ na środowisko naturalne, a w niektórych przypadkach i specyficzne właściwości, takie jak na przykład przewodnictwo elektryczne w przypadku atramentów stosowanych dla drukowania elektroniki drukowanej.

Pigment czy barwnik?

Jako barwidła w atramentach do drukowania natryskowego stosowane zarówno pigmenty, jak i barwniki.

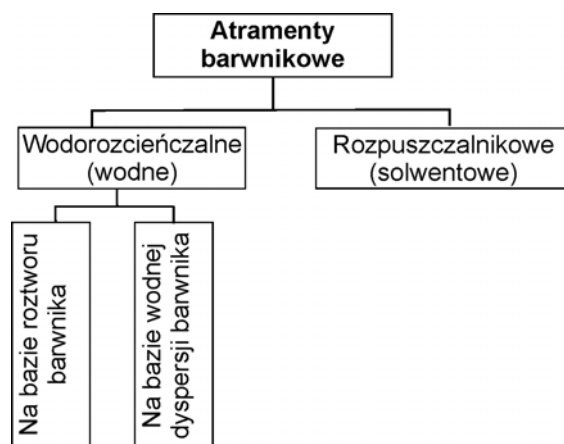
Barwniki są substancjami barwiącymi rozpuszczalnymi w wodzie, olejach i rozpuszczalnikach organicznych. Barwniki mają cząsteczki o bardzo małych wymiarach (rzędu kilku nanometrów). Dostępne są w szerokiej gamie kolorystycznej, ale charakteryzują się niską odpornością na światło (niską światłotrwałością), niską odpornością na wodę i inne rozpuszczalniki. W zależności od rodzaju zadrukowywanego podłoża oraz technologii drukowania, stosowane są atramenty zawierające różne rodzaje barwników: bezpośrednie, kwasowe, reaktywne, dyspersyjne (zwane zawieszinowymi, będące dyspersją laki powstałej przez strącanie barwnika) i in.



Rys. 6.3. Barwidła stosowane do produkcji atramentów w drukowaniu natryskowym
Źródło: opracowanie własne.

Atramenty na bazie barwnika mogą być produkowane jako wodne (barwnik rozpuszczalny w wodzie) lub jako rozpuszczalnikowe (barwnik rozpuszczalny w rozpuszczalniku organicznym). Te ostatnie potocznie nazywane są solwentowymi (od ang. nazwy rozpuszczalnika *solvent*). W większości atramenty wodne barwnikowe są roztworem barwnika, za wyjątkiem atramentów termosublimacyjnych, produkowanych się na bazie lak, które w języku polskim nazywa się barwnikami

zawiesinowymi³ (dyspersyjnymi). Barwniki stosowane do drukowania podłożu papierowych w początkowych czasach należały do grupy barwników kwasowych i bezpośrednich. Kolejnym rozwiązaniem było wprowadzenie do użytku barwników reaktywnych, które rozpuszczalność w wodzie zawdzięczały zwiększonej obecności grup karboksylowych. Grupy te przechodzą na kwaśnym podłożu w słabo rozpuszczalną postać niejonizowaną, sprawiając, że wydruki charakteryzowały się dobrą odpornością na działanie wody. W atramentach wodnych, rozpuszczalnikowych i termotopliwych stosuje się barwniki metalokompleksowe. W produkcji atramentów rozpuszczalnikowych i termotopliwych stosowano również barwniki antrachinowe (z grupy tzw. barwników rozpuszczalnikowych, w polskiej nomenklaturze określane dawniej jako barwniki tłuszczowe) [5,6].



Rys.6.4. Atramenty na bazie barwników w drukowaniu natryskowym

Źródło: opracowanie własne.

Szeroką gamę barwników używa się w atramentach stosowanych do drukowania natryskowego wyrobów włókienniczych. W przypadku włókien celulozowych, wełny i poliamidu preferowane są barwniki reaktywne, przy mniejszym udziale barwników bezpośrednich i kwasowych (te ostatnie stosowane są do wełny i poliamidu). W przypadku wyrobów z włókien poiestrowych, stosowane są barwniki zawiesinowe, a włókien poliakrylowych – barwniki kationowe [5].

Pigmenty są to organiczne lub nieorganiczne substancje barwiące, praktycznie nierozpuszczalne w wodzie, rozpuszczalnikach organicznych, olejach schnących i żywicach. Wykazują one zdolność barwienia w stanie stałym. W trakcie produkcji atramentów uzyskuje się dyspersję, która polega na rozproszeniu małych (około 50 do 200 nm) cząstek stałych pigmentów w cieczy (wodzie, rozpuszczalniku organicznym). Cząstki te nie rozpuszczają się w cieczy, a jedynie tworzą stabilną, dwufazową mieszaninę, zwykle koloidalną.

³ Strącany z roztworu barwnik w postaci stałej lub osadzony na stałym nośniku.

Współcześnie, ze względu na fakt, że technologia w wymiarze „nano” jest miernikiem nowoczesności i postępu, w literaturze fachowej przedmiotu został wytworzony (specjalnie zresztą) bałagan – wszystko jest „nano” i do tego także „cool”.

W celu prawidłowej klasyfikacji tego, co jest czym, należy wrócić do podstawowych definicji, które – celem ich łatwiejszej weryfikacji – są opatrzone stosownym źródłem internetowym, które zostało podane specjalnie dla PT Leniwych (notabene, nie oznacza to, że w opasłych dziełach sensu stricto naukowych te definicje brzmią inaczej – łatwiej je jednak znaleźć w sieci).

Jak wiadomo, każda pigmentowana farba przeznaczona do drukowania, w tym i pigmentowane atramenty stosowane w drukowaniu natryskowym, „aby działały” muszą być dyspersją, która najczęściej jest jednocześnie układem (roztworem) koloidalnym.

W koloidach stopień dyspersji wynosi od 10^5 do 10^7 cm^{-1} – wówczas wielkość fazy rozproszonej sprawia, że ważne są zarówno oddziaływania pomiędzy nią a fazą rozpraszającą, jak i oddziaływania wewnątrz obu faz. Według IUPAC (z ang. *International Union of Pure and Applied Chemistry*, czyli Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej) z układem koloidalnym mamy do czynienia, gdy rozmiary cząstek fazy rozproszonej (cząsteczek chemicznych lub ich agregatów – czytając w tym przypadku: pigmentów) albo rozmiary nieciągłości układu koloidalnego są, przynajmniej w jednym kierunku, w przedziale od 1 nm do 1 μm (tj. do 1000 nm) [7].

Sprawa górnej granicy wymiarów cząstek stałych w roztworze koloidowym wzbudza dyskusje badaczy również i dzisiaj, mimo że od zdefiniowania i opisanie koloidów minęło ponad 100 lat. Według najbardziej ortodoksyjnych poglądów, wielkość cząsteczki musi się mieścić w przedziale 10 Å do 2000 Å (1 Å = 0,1 nm), czyli przedział ten zamyka się w granicach 1 nm do 200 nm [8].

Drugi z często spotykanych poglądów definiuje koloidy w następujący sposób [9]: „Koloidy (ich inna nazwa to roztwory koloidalne) są to układy dyspersyjne (heterogeniczne) złożone z dwóch faz: fazy rozproszonej oraz ośrodka rozpraszającego. Wykazują tzw. rozdrobnienie koloidowe, czyli cząstki substancji rozproszonej mają wielkość od 1 do 500 nm”.

Podsumowując, mamy trzy górne wymiary cząstek (pigmentów) w dyspersji koloidalnej, a mianowicie 200 nm, 500 nm i 1000 nm. Niestety żaden z tych wymiarów nie odpowiada skali nano, którą posługuje się nanotechnologia.

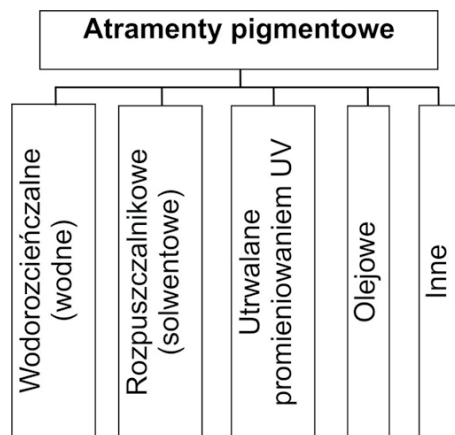
Jako najszerzej przyjętą definicję uznaje się zalecenie Komisji Europejskiej, w której nanomateriałami określa się materiały, które przynajmniej w jednym wymiarze mają rozmiar 1-100 nm lub też w rozkładzie wielkości cząstek przynajmniej 50% cząstek jest w skali nanometrycznej, co stosuje się np. do kompozytów [10].

Wывód powyższy nie neguje stosowania nanopigmentów w atramentach do drukowania natryskowego. Zwraca on uwagę, że to, co producent określa słowem „nano”, nie zawsze jest nano.

Na pewno znane są i stosowane atramenty pigmentowane wykonane z nano-pigmentów – ich średnia wielkość to 80 nm [11]. Są to głównie atramenty utrwalane promieniowaniem UV, atramenty rozpuszczalnikowe oraz atramenty wodne. Do tej ostatniej grupy należy także „NanoInk” stosowany w Nanografii, będącej wynalazkiem Benny’ego Landy. W tym przypadku nie ma konkretnych danych poza grubością czterech atramentów procesowych, która wynosi 500 nm (0,5 μm). Stosując znaną regułę, że aby farba dobrze kryła podłoże konieczne są trzy warstwy pigmentu – otrzymujemy wymiar cząstki pigmentu wynoszący około 40 nm.

Obecnie do produkcji typowych atramentów stosowane są pigmenty nieorganiczne, organiczne syntetyczne oraz sadza. Charakteryzują się one wysoką światłotrwałością oraz wysoką odpornością na działanie wody i innych rozpuszczalników.

Pigmenty stosowane są w produkcji atramentów natryskowych wodnych, rozpuszczalnikowych (solwentowych), utrwalanych promieniowaniem UV, olejowych i innych.



Rys. 6.5. Atramenty pigmentowe w drukowaniu natryskowym

Źródło: opracowanie własne.

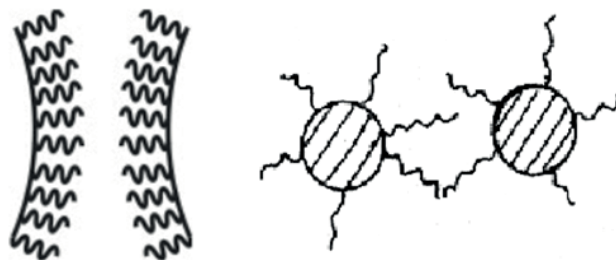
Przy produkcji i eksploatacji atramentów pigmentowanych problemem jest uzyskanie stabilnej dyspersji. Osadzanie się (sedymentacja) i łączenie się (aglomeracja) cząsteczek pigmentu może doprowadzić do zmiany właściwości fizycznych atramentu (lepkość i in.), co może skutkować zmianą parametrów jakościowych nadruku (barwa, połysk), a w ostateczności może spowodować zapychanie się dysz. Rozwiązaniem tego problemu jest, między innymi, stosowanie proszku pigmentu o bardzo małych wymiarach – poniżej 100 nm. Oprócz tego dyspersje pigmentów są stabilizowane za pomocą specjalnych środków dyspergujących (stabilizatorów). Środek dyspergujący jest to substancja, która sprzyja tworzeniu dyspersji lub ją stabilizuje.

W postaci środków dyspergujących stosowane są polimery lub substancje powierzchniowo czynne o strukturze anionowej, kationowej lub niejonowej. Są one dodawane w procesie produkcji pigmentu lub w procesie produkcji atramentu. Molekuły takiego środka są adsorbowane na powierzchni pigmentu, co powoduje

stabilizowanie cząsteczek i zapobiega ich agregacji. Na przykład, taki pigment hydrofobowy jak sadza posiada tendencję do tworzenia dużych agregatów w wodzie. W celu zapobiegania agregacji można wykorzystać środek powierzchniowo czynny, na przykład dodecylosiarczan sodu (SDS), którego aniony, po adsorbowaniu na powierzchni pigmentu, nadają mu ładunek ujemny. W efekcie, naładowane cząsteczki pigmentu będą się odpychać za pomocą sił elektrostatycznych. Znane są trzy mechanizmy stabilizacji dyspersji: stabilizacja ładunkowa (elektrostatyczna), stabilizacja steryczna oraz stabilizacja ładunkowo-steryczna [12-14].

Ładunkowy mechanizm stabilizacji jest wykorzystywany w systemach posiadających wysoką stałą dielektryczną i dlatego jest stosowany przede wszystkim w atramentach wodnych. W przypadku atramentów pigmentowanych wodnych jest wykorzystywany również i steryczny mechanizm stabilizacji dyspersji. Dodawane są takie polimerowe stabilizatory, które posiadają hydrofobowe grupy wykazujące wysokie powinowactwo do powierzchni pigmentu i hydrofilowe łańcuchy polimerowe, stabilizujące te pigmenty w wodnym środowisku dyspersji. Cząsteczki pigmentu z zaadsorbowanymi w taki sposób molekułami stabilizatora nabywają właściwości hydrofilowych i dobrze się rozpraszają w środowisku wodnym, tworząc stabilną dyspersję. Przykładem takich atramentów mogą być atramenty firmy Epson, Carbot Corp i in.

Steryczny mechanizm stabilizacji jest bardzo skuteczny, zarówno w wodnych, jak i niewodnych układach atramentów, a na współczesnym rynku jest duża różnorodność dostępnych polimerowych środków dyspergujących, takich jak Efka, TEGO, Solsperse, Disperbyk, Sokalan [15].



Rys. 6.6. Stabilizacja steryczna – kontakt cząsteczek koloidalnych jest utrudniony przez łańcuchy grup bocznych

Źródło: Łużny W., *Fizyka Miękkiej Materii. Notatki z wykładu. WFiIS AGH Kraków, 2007*, <http://www.ftj.agh.edu.pl/doc/pl/dyd/fmmwyklad.pdf> (dostęp z dnia 09.08.2015).

Istnieje jeszcze jedno rozwiązanie w zakresie uzyskania stabilnych dyspersji pigmentów – proces enkapsulacji (kapsułkowania) pigmentów, w efekcie którego na powierzchni cząsteczki pigmentu wytwarza się otoczkę polimerową, która dodatkowo zawiera anionowy środek powierzchniowo czynny, który stabilizuje dyspersję.

Atramenty na bazie pigmentów kapsułkowanych charakteryzują się zwiększoną, w porównaniu do zwykłych atramentów pigmentowych, odpornością na ścieranie, na działanie światła, wody, tłuszczów i in. czynników. Oprócz tego, że polimerowa otoczka pigmentu zwiększa odporność nadruku, to jeszcze polepsza walory optyczne (uzyskuje się fotograficzny połysk, lepszą gęstość i jednolitość nadruku).

Badania nad atramentami na bazie pigmentów kapsułkowanych firmy Epson Archival i UltraChrome wykazały, że gama barw odbitek wydrukowanych tymi atramentami jest bardzo szeroka i zbliża się do gamy barw odbitek wydrukowanych atramentami barwnikowymi [12, 16].



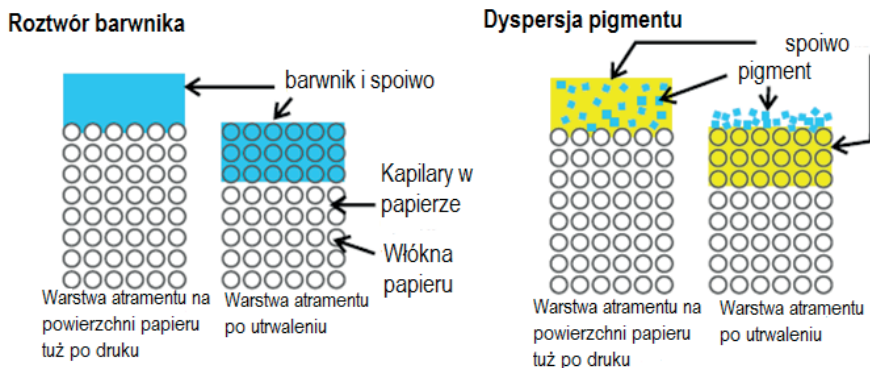
Rys. 6.7. Częsteczki pigmentu w technologii EpsonMicrocrystal Encapsulation™ Technology
Źródło: Aksienionek Sz., *Epson – ekologia w druku wielkoformatowym. Prezentacja PPT.*

Niektóre atramenty mogą w swoim składzie zawierać tak pigmenty, jak i barwniki. Porównanie właściwości atramentów na bazie barwników i pigmentów przedstawia tabela 6.2, a różnice współdziałania tych atramentów z podłożem – rys. 6.8.

Tabela 6.2. Porównanie właściwości atramentów na bazie pigmentów i barwników

Właściwości	Atrament na bazie	
	Pigmentu	Barwnika
Odporność na światło	Bardzo wysoka	Niedostateczna
Odporność na utlenienie	Wysoka	Niska
Stabilność barwy	Bardzo wysoka	Niska
Gama barw (gamut)	Ograniczona	Duża
Nasycenie	Niższe niż barwnika	Wysokie
Jakość obrazu	Dobra	Możliwość rozmycia obrazu
Czas użytkowania druku we wnętrzu	>25 lat	Kilka miesięcy do roku
Czas użytkowania druku na zewnątrz	>3 lat	Kilka miesięcy

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6.8. Współdziałanie atramentów barwnikowych i pigmentowych z papierem

Źródło: Le H.P., *Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology*, IS&T The Society for Imaging Science and Technology, Volume 42, Number 1, January/February 1998, <http://www.imaging.org/ist/resources/tutorials/inkjet.cfm> (dostęp z dnia 12.10.2015).

Zawartość barwidła w atramentach dedykowanych do typowo poligraficznych zastosowań wynosi zazwyczaj do 10%, a w kompozycjach atramentów specyficznych wartość ta przekracza 50%.

6.2. Atramenty o spoiwach wodorozcieńczalnych tzw. wodne (ang. *waterbased*)

Atramenty te zwane są popularnie wodnymi, co sugerowałoby, że woda jest w nich rozpuszczalnikiem. Dzieje się to co prawda sporadycznie. W tej grupie atramentów o spoiwach wodorozcieńczalnych wyróżniamy:

- atramenty barwnikowe,
- atramenty pigmentowane,
- pigmentowane atramenty lateksowe,
- atramenty termosublimacyjne,
- i inne.

6.2.1. Atramenty barwnikowe

Atramenty wodne, będące roztworem wodnym barwnika rozpuszczalnego w wodzie, stosowane są głównie w systemie kropli na żądanie (DOD) w technologii termicznej lub do bezpośredniego drukowania tkanin (głównie naturalnych). Tkaniny bawełniane, wełniane i jedwabne, zadrukowywane są bezpośrednio w systemie ciągłego strumienia (CIJ) lub w systemie DOD.

Atramenty stosowane w systemie termicznym są wodnymi atramentami rozpuszczalnikowymi. Krople tworzone są w wysokiej temperaturze, dochodzącej nawet do 350°C. Przykładowy skład farby przedstawiono poniżej [1]:

Barwnik wodny	3,0%,
Glikol polietylenowy	14,0%,
Glikol dwuetylenowy	12,0%,
Metylopirolidyna	15,0%,
Woda destylowana	51,6%,
Alkohol poliwinylowy	3,0%,
Trójetanoloamina	1,0%,
Środek buforujący	0,3%,
Biocydy	0,1%.

Atramenty stosowane w systemie CIJ przeznaczone do tkanin z włókien naturalnych charakteryzują się następującym składem [17]:

Barwnik wodny	3-6%
Woda	70-80%
Środki pomocnicze	20-25% (gliceryna), środki penetrujące, środki powierzchniowo czynne, konserwanty, inhibitory korozji, środki regulujące przewodnictwo elektryczne).

Tego typu farby charakteryzują się lepkością od 1,0 do 3,0 mPas i napięciem powierzchniowym wynoszącym 35 mN/m. Do drukowania tkanin naturalnych mogą być stosowane zarówno barwniki bezpośrednie (kwasowe), jak i reaktywne. Te ostatnie łączą się kowalennie z drukowanymi włóknami. Stosowane są także barwniki zawieszinowe.

6.2.2. Atramenty pigmentowane

Atramenty pigmentowane wodorozcieńczalne (ang. *waterbased*), zwane popularnie w Polsce wodnymi, zawierają zazwyczaj około 80% wody. Poza nią zawierają pigment i ewentualnie dodatkowo barwnik, rozpuszczalniki organiczne, środki higroskopijne, stabilizatory pH, środki konserwujące oraz środki poprawiające odporność na działanie światła. Przykładowy skład atramentu pigmentowanego wodnego podano w tabeli 6.3. Rozpuszczalniki organiczne zapobiegają krystalizacji pigmentu lub/i barwnika w dyszach, i poprawiają odporność na magazynowanie w niskich temperaturach.

Dodatkowo wywierają korzystny wpływ na napięcie powierzchniowe atramentu i jego lepkość. Powszechnie stosowanymi rozpuszczalnikami organicznymi są: glikol dietylenowy, glikol propylenowy-1,2, gliceryna i N-metylopirolidon-2. W atramentach pracujących w technologii ciągłego strumienia jest stosowany dodatek octanu litu lub cyjanianu potasu, które poprawiają przewodnictwo elektryczne.

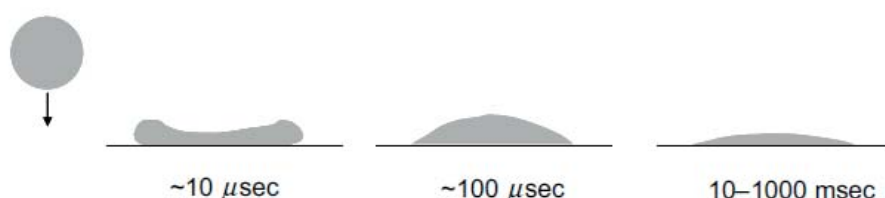
Uzyskanie dobrej jakości nadruku za pomocą atramentów wodnych pigmentowanych (także barwnikowych) wymaga zastosowania podłoża ze specjalną powłoką. Atramenty wodne, ze względu na to, że są tanie i ekologiczne, są stosowane w urządzeniach do druku nakładowego (natryskowe maszyny drukujące arkuszowe i zwojowe) oraz w niektórych rodzajach ploterów.

Tabela 6.3. Skład atramentu pigmentowanego wodorozcieńczalnego

Składnik	Przeznaczenie
Woda	Podstawowy rozpuszczalnik
Barwidło: pigment (0,5-10%)	Nadaje kolor
Rozpuszczalnik organiczny (5-50%)	Zapobiega zatykaniu dysz, sprzyja płaskiemu leżeniu arkusza po druku, polepsza właściwości błonotwórcze
Środki powierzchniowo czynne (0-2%)	Polepsza zwilżalność atramentu, zapobiega procesowi osadzania się atramentu na elemencie grzejnym w głowicy drukującej
Spoiwo polimerowe (0-10%)	Polepsza trwałość/odporność nadruku, poprawia połysk nadruku
Dodatki konserwujące	Zapobiega rozwojowi mikroorganizmów
Substancja chelatująca ⁴	Reagują z niektórymi kationami metali
Dodatki antykorozyjne	Zapobiega korozji

Źródło: [15].

Typowe zachowanie się kropli atramentu wodnego na podłożu przedstawiono na rys. 6.9.



Rys. 6.9. Zachowanie się kropli atramentu wodnego na podłożu
 Źródło: Magdassi S., *The chemistry of inkjet inks*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2010, s. 132.

Podczas pierwszych $\sim 10\mu\text{s}$ od zetknięcia kropli z podłożem, początkowo kulisty kształt kropli zmienia się, rozciąga i wybrzusza na krawędziach. Przez następne $\sim 20\text{--}80\mu\text{s}$, nadrukowana kropla osiąga statyczny kształt, posiadający w przybliżeniu taką samą średnicę, jak końcowy rozmiar plamki nadruku, a następnie zaczyna się

⁴ Substancja chelatująca to organiczny związek mający zdolność do chemicznego wiązania się z innymi substancjami czy jonami np. metali i tworzenia z nimi nowych związków.

kurczyć, penetrując do podłoża, oraz następnie parując. Czas trwania poszczególnych etapów podano w przybliżeniu, ponieważ jest on zależny od składu chemicznego atramentu i warunków klimatycznych, przede wszystkim temperatury. Ostateczna średnica nadrukowanej plamki kropli jest ważną charakterystyką, ponieważ ma wpływ na taki parametr druku jak przyrost rastrowej wartości tonalnej. Badania wykazały, że przyrost punktu wzrasta wraz ze wzrostem liczby Reynoldsa⁵ i liczby Webera⁶ i zmniejszeniem kąta związania kropli atramentu [15].

Woda jest tanim i najkorzystniejszym, nietoksycznym rozpuszczalnikiem, a więc atramenty te są niedrogie i odpowiadają wymaganiom ochrony środowiska naturalnego. Atramenty wodne są stosowane w różnych typach głowic drukujących (ciągłego strumienia, termicznych, piezoelektrycznych), ale trzeba zaznaczyć, że nie wszystkie typy głowic piezoelektrycznych mogą pracować z atramentami wodnymi. Drukować nimi można tylko na podłożach chłonnych, a uzyskanie jakościowego nadruku wymaga stosowania specjalnej powłoki na podłożu, która będzie zapobiegać nadmiernemu rozciekaniu się czy wchłanianiu atramentów przez papier, a tym samym zapobiegnie utracie nasycenia nadruku czy pofalowaniu podłoża. Czas suszenia jest stosunkowo długi.

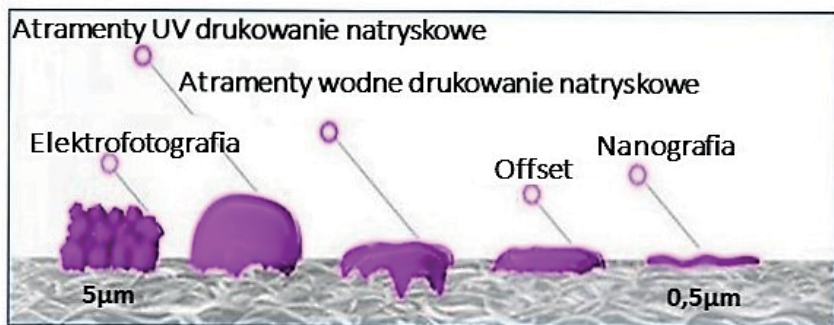
Do atramentów wodnych pigmentowanych należą prawie wszystkie tzw. wodne atramenty nanopigmentowe, w tym i atrament NanoInk stosowany w nanografii, wynalezionej przez Benny'ego Landę, opracowanej przez firmę Landa Corporation. Technologia ta, będąca pośrednią technologią drukowania natryskowego, została po raz pierwszy zaprezentowana na targach drupa 2012.

Nanografia jest technologią drukowania natryskowego, w której zastosowano pośrednie przenoszenie obrazu na podłoże za pomocą pośredniego pasa podgrzanego do temperatury ok. 120°C. W drukowaniu zastosowano farbę pigmentowaną na bazie wody, noszącą nazwę NanoInk. W trakcie drukowania, na podgrzanym pasie pośrednim z farby odparowuje woda i wytwarza się cienka warstwa polimerowa o grubości ok. 500 nm, która następnie przenosi się (przylepia się) na podłoże i osiąga wysoką jakość nadruku, niezależnie od podłoża. Uzyskuje się nadruk odporny na ścieranie, a dzięki temu, że w momencie przenoszenia obrazu na podłoże następuje utrwalenie nadruku, z procesu wyeliminowano jakiegokolwiek dodatkowe operacje utrwalania czy suszenia [20].

W nanografii stosowane są cztery farby, tj. atramenty triadowe kolorowe CMY plus czarna K, wielkość zastosowanych pigmentów do produkcji farb wynosi około 40 nm. Na rys. 6.10 przedstawiono poglądowo grubości farb i atramentów w stosunku do grubości uzyskiwanej w nanografii.

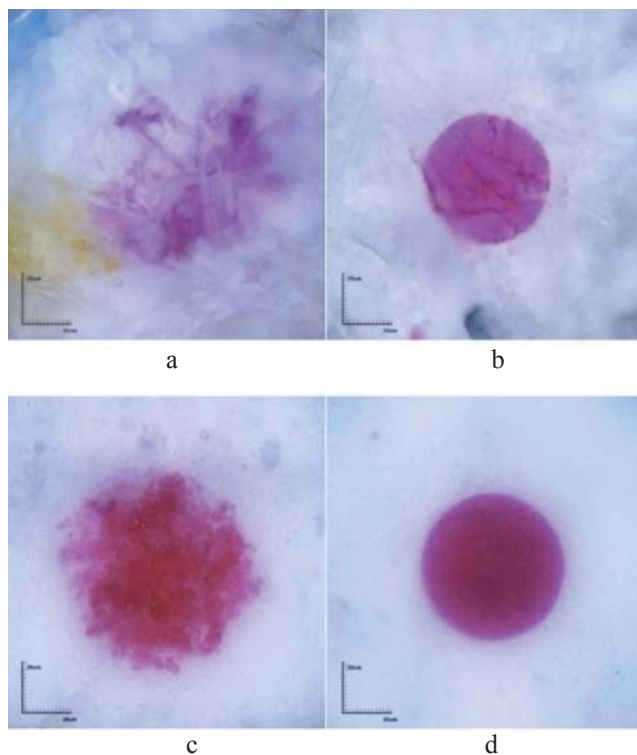
⁵ Liczba Reynoldsa pozwalająca oszacować występujący podczas ruchu płynu stosunek sił bezwładności do sił lepkości.

⁶ Liczba Webera wyraża stosunek sił inercjalnych do sił napięcia powierzchniowego.



Rys. 6.10. Różne grubości farb i atramentów uzyskiwane w różnych technikach w stosunku do grubości atramentu uzyskiwanego w nanografii
Źródło: [21].

Na rys. 6.11 przedstawiono powiększone kształty kropli (punktów) uzyskanych na papierach niepowlekanych i powlekanych w drukowaniu natryskowym z użyciem atramentów wodnych i w nanografii.



Rys. 6.11. Różne kształty kropli uzyskane przy drukowaniu natryskowym atramentem pigmentowanym wodnymi i NanoInkiem w Nanografii: a) atrament wodny, papier niepowlekany, b) NanoInk, papier niepowlekany, c) atrament wodny, papier powlekany, d) NannnoInk, papier powlekany
Źródło: <http://whattheythink.com/articles/79607-inkjet-drupa-2016-continuing-story-landa/> (dostęp z dnia 06.10.2016).

Wodne atramenty nanopigmentowe są również w ofercie takich firm jak Kodak lub Epson. Zastosowanie ultra małych cząsteczek pigmentu pozwala polepszyć optyczne parametry nadruku. Tak, na przykład, przy wykorzystaniu w składzie atramentu pigmentów ze średnim wymiarem cząsteczek 16 nm pozwala na zwiększenie gęstości optycznej nadruku z 1,23 do 2,08 w porównaniu do atramentu z cząsteczkami pigmentu o średnim wymiarze 120 nm, a rozpiętość barwy (ang. *color gamut*) zwiększa się odpowiednio z 58577 do 70380 [54].

Zwiększenie gamutu barw można uzyskać stosując w składzie pigmentowych atramentów wodnych stabilizator w postaci barwników o właściwościach powierzchniowo aktywnych. Takie atramenty nazywa się hybrydowymi. Przykład składu takich atramentów opracowanych przez firmę Sun Chemical Corp. przedstawiono w tabeli 6.4.

Tabela 6.4. Skład atramentów pigmentowych

Kolor atramentu	Black	Cyan	Magenta	Yellow
Pigment, zawartość w % w składzie skoncentrowanej dyspersji	20% Cabot Regal 330	20% C.I. Pigment Blue 15:3	26% C.I. Pigment Red 122	20% C.I. Pigment Yellow 14
Barwnik, zawartość w % w składzie skoncentrowanej dyspersji	10% Reactive Black 31	10% Acid Blue 9	13% Acid Red 51	10% Acid Yellow 19
Woda	85% wody plus 15% dyspersji			
Inne dodatki	Glikol polietylenowy, środki przeciwpieniące, regulator pH, biocydy			
Średni wymiar cząsteczek, nm	108,5	199,6	172,6	120,6

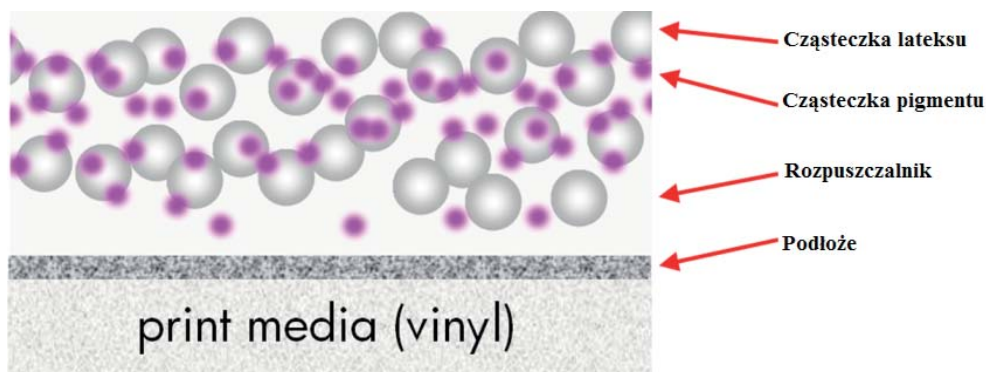
Źródło: [55].

6.2.3. Pigmentowane atramenty lateksowe

Atramenty lateksowe i nową technologię druku natryskowego za pomocą takich atramentów opracowała firma HP (HPLatex). W technologii HPLatex zastosowano atramenty wytwarzane na bazie lateksu, pełniącego rolę spoiwa. Technologia ta powstała jako ekologiczna alternatywa drukowania solwentowego. Umożliwia uzyskiwanie na bardzo szerokiej gamie podłoży (również niewsiąkliwych) nadruków odpornych na działanie czynników atmosferycznych. Charakteryzują się one wysoką odpornością na działanie światła i odpornością na ścieranie. Bardzo istotną cechą tej technologii jest jej minimalny wpływ na środowisko naturalne. Farby lateksowe są szczególnym rodzajem farb wodorozcieńczalnych uzyskiwanych na bazie dyspersji żywic tworzyw sztucznych. Atrament lateksowy stosowany w technologii

HPLatex zawiera do 70% wody i poniżej 30% rozpuszczalnika organicznego. Pozostałe składniki to: cząsteczki żywicy syntetycznych, pigment i ok. 1% domieszek specjalnych, których celem jest zmniejszenie napięcia powierzchniowego i możliwość samooczyszczania się głowic drukujących. Wcześniej, pod pojęciem farb lateksowych rozumiano farby otrzymywane na bazie kauczuku syntetycznego lub dyspersji styrenowo-butadienowych. Obecnie stosuje się rozmaite spoiwa, które zapewniają osiągnięcie wysokich parametrów jakości powłok [20].

Po odparowaniu wody, pod wpływem temperatury spoiwo tworzy błonę, która zabezpiecza nadruk przed działaniem różnych czynników mechanicznych i atmosferycznych. Mechanizm uzyskania nadruku na podłożu polega na tym, że na początku kropla atramentu trafia na podłoże i zwilża je. Następnie rozpuszczalnik atramentu częściowo rozpuszcza wierzchnią warstwę podłoża, jest to etap „zmiękczenia”, w wyniku którego zwiększa się przyczepność atramentu do podłoża. Dwuetapowe podgrzewanie (w strefie drukowania i utrwalania) powoduje, że woda i rozpuszczalnik szybko odparowują z podłoża, na którym tworzy się cienka błonka. Pod wpływem temperatury wiąże się ona na stałe z podłożem (rys. 6.12). W taki sposób uzyskuje się suchy i gotowy do natychmiastowego użycia wydruk.



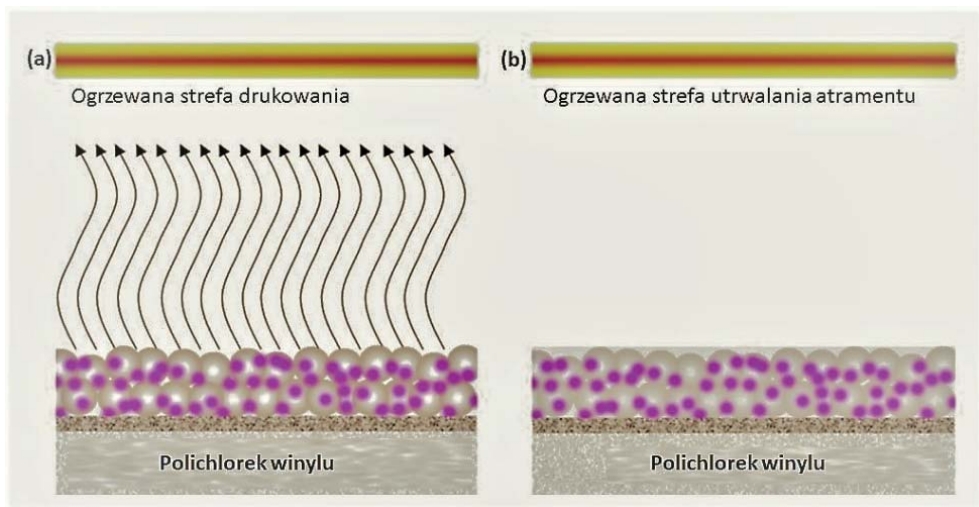
Rys. 6.12. Struktura warstwy nadruku uzyskanego za pomocą atramentu lateksowego

Źródło: HP Latex Printing Technologies, Materiały informacyjne firmy HP, http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press_kits/2011/HPLatexSummit/LatexTechnology.pdf (dostęp z dnia 08.08.2015).

Do zalet druku lateksowego należą:

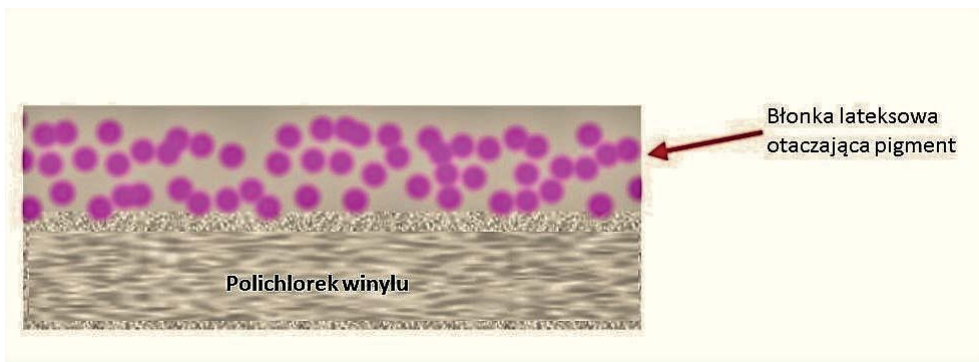
- możliwość zadrukowywania bardzo szerokiej gamy podłoży, zarówno niechłonnych, jak i chłonnych niepowlekanych, w tym również podłoża dotychczas stosowanych wyłącznie w druku solwentowym, UV; do druku nadają się niemal wszystkie media, które są podawane w formie zwoju, np. papier, folia, baner, tapeta, canvas, flaga backlit oraz takie rodzaje podłoża, jak np. papier offsetowy, tapeta winylowa, podłoża poliestrowe itd.,

- odporność uzyskiwanych nadruków na działanie czynników mechanicznych (warstwa utrwalonej farby jest elastyczna, rozciągliwa i trudna do zarysowania), atmosferycznych i ew. zabrudzenia,
- duża intensywność barwy nadruków (duża objętość bryły barw odtwarzalnych) i odporność na promienie słoneczne (3 lata przy ekspozycji zewnętrznej – bez laminowania, do 10 lat przy ekspozycji wewnętrznej – z laminowaniem),
- możliwość wykonywania druków eksponowanych zarówno wewnątrz (nadruki bezwonne), jak i na zewnątrz pomieszczeń, zredukowany do minimum wpływ procesu drukowania na środowisko.



Rys. 6.13. Atrament lateksowy podczas utrwalania: a) w ogrzewanej strefie drukowania, b) w ogrzewanej strefie utrwalania

Źródło: HP Latex Printing Technologies. Materiały informacyjne firmy HP, http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press_kits/2011/HPLatexSummit/LatexTechnology.pdf (dostęp z dnia 23.11.2016).



Rys. 6.14. Błonna lateksowa otaczająca pigment po utwardzeniu atramentu

Źródło: HP Latex Printing Technologies. Materiały informacyjne firmy HP, http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/press_kits/2011/HPLatexSummit/LatexTechnology.pdf (dostęp z dnia 23.11.2016).

Technologia druku natryskowego za pomocą atramentów lateksowych jest zrealizowana w urządzeniach do druku wielkoformatowego firmy HP. Obecnie w trzeciej generacji ploterów HP Latex została znacząco obniżona temperatura utrwalenia nadruku. Zwiększyła się również jakość i odporność nadruku.

6.2.4. Atramenty termosublimacyjne

Atramenty termosublimacyjne są stosowane w drukowaniu natryskowym pośrednim lub bezpośrednim. Do zadrukowywania tkanin z włókien syntetycznych (takich jak poliester, poliamid, trójoctan celulozy i materiały mieszane zawierające co najmniej 50% domieszki takich włókien) stosowana jest metoda drukowania natryskowego bezpośredniego lub pośrednio – za pomocą sublimacyjnego drukowania termotransferowego, najpierw uzyskuje się nadruk na papierze transferowym lub folii transferowej, a następnie maszynowo (kalander, prasa) w podwyższonej temperaturze nadruk w procesie sublimacji zostaje przeniesiony na tkaninę. Za pomocą drukowania termotransferowego można uzyskać nadruki na wyrobach wykonanych z materiałów polimerowych odpornych na działanie ciepła lub ceramicznych, metalowych i szklanych, zawierających specjalną powłokę polimerową, na przykład na kubkach.

Przykładowy skład atramentu termosublimacyjnego podano w tabeli 6.5. W postaci barwidła atramenty termosublimacyjne zawierają barwniki dyspersyjne (zwane zawiesinowe, a będące dyspersją laki powstałej przez strącanie barwnika) [6]. W procesie sublimacji następuje odparowanie barwnika z suchej warstwy nadruku, a następnie – dyfuzja par barwnika w głąb włókna lub specjalnej powłoki.

Tabela 6.5. Skład atramentu termosublimacyjnego

Składnik	Zawartość
Woda (podstawowy rozpuszczalnik)	30-95%
Barwnik zawiesinowy (cząsteczki o wymiarach 50-1000 nm)	1-10%
Dodatkowy rozpuszczalnik organiczny	4-40%
Środki powierzchniowo czynne	0,01-5%
Środki bakteriobójcze	0,01-5%

Źródło: [22].

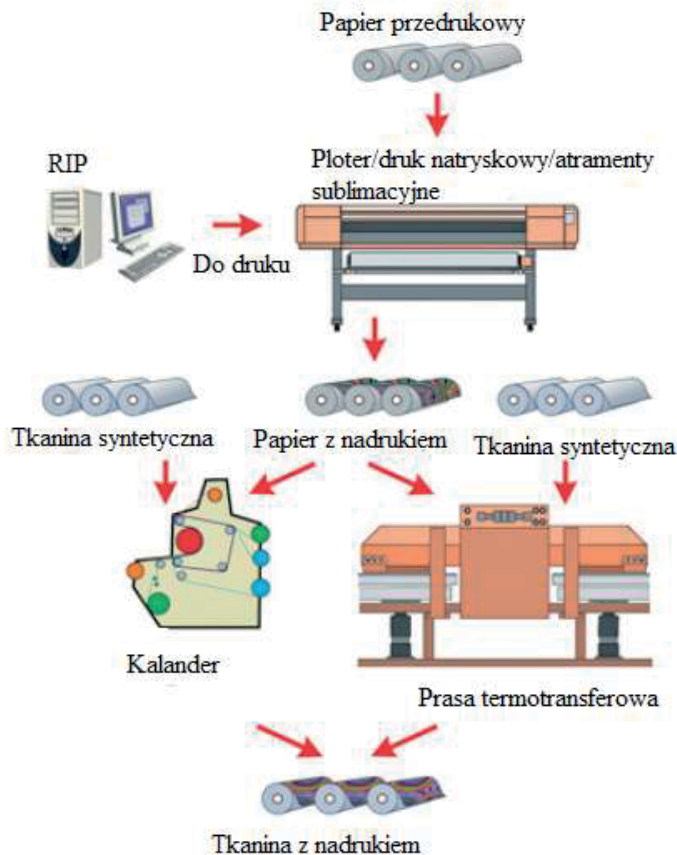
Atramenty termosublimacyjne stosuje się w głowicach piezoelektrycznych. Oprócz odpowiednich właściwości reologicznych, których spełnienia wymaga głowica drukująca, posiadają następujące parametry: temperatura sublimacji: 170-200°C, współczynnik dyfuzji w temperaturze transferu rzędu 10^{-7} m²/s, prężność pary w temperaturze transferu rzędu 10^{-3} hPa. Właściwości poszczególnych barwni-

ków CMYK powinny być jak najbardziej zbliżone. Ma to istotny wpływ na ostrość przeniesionego obrazu nadruku [23].

Do zalet atramentów termosublimacyjnych można zaliczyć:

- uzyskanie ciągłych przejść tonalnych bez widocznych pojedynczych punktów, ponieważ nadrukowany atrament w warunkach podwyższonej temperatury zmienia swoją postać w gazową, w efekcie czego zostają rozmyte granice nadrukowanych punktów,
- dobra odporność na działanie czynników zewnętrznych (dobra światłotrwałość, odporność na ścieranie i in.).

Do wad należy zaliczyć większe koszty procesu drukowania takimi atramentami, związane z koniecznością operacji obróbki termicznej (lub transferu w warunkach podwyższonej temperatury) i, ewentualnie, z dodatkowym kosztem papieru przedrukowego w procesie drukowania termotransferowego.



Rys. 6.15. Termosublimacyjne drukowanie transferowe na tkaninach

Źródło: Czajkin A, *Strujnaja szirokoformatnaja pieczat po tkani* 2008, Naruzka, https://st.fl.ru/users/alexchaykin/upload/f_49411722975f5.pdf (dostęp z dnia 03.03.2015).

6.2.5. Inne atramenty

Innymi atramentami zawierającymi w swoim składzie wodę są, np.: atramenty do bezpośredniego druku materiałów włókienniczych, atramenty żelowe i atramenty UV rodnikowe zemulgowane z wodą.

Atramenty do bezpośredniego druku materiałów włókienniczych

W bezpośrednim druku natryskowym na materiałach włókienniczych mogą być stosowane atramenty pigmentowe oraz barwnikowe – dyspersyjne, reaktywne i kwasowe. Każdy rodzaj atramentu jest stosowany do określonych rodzajów materiałów włókienniczych i oczywiście powinien spełniać wymagania głowic drukujących (posiadać odpowiednią lepkość, napięcie powierzchniowe i inne parametry). Oprócz tego, że uzyskany nadruk powinien charakteryzować się odpowiednią kolorystyką i stabilnością barwy nadruku, atramenty do zadruku tekstyliów powinny sprostać dodatkowym wymaganiom, takim jak: posiadać bardzo dobrą światłotrwałość, odporność na działanie wody i dobrą przyczepność do podłoża, jak również wykazywać się nietoksycznością i stabilnością termiczną [24].

Tabela 6.6. Charakterystyka procesów bezpośredniego zadrukowania tekstyliów

Rodzaj atramentu	Rodzaj zadrukowanych włókien	Obróbka wstępna	Obróbka po druku
na bazie barwników reaktywnych	bawełniane, wiskozowe, wełniane i jedwabne	tak	obróbka parą i pranie
na bazie barwników kwasowych	jedwabne, wełniane, poliamidowe	tak	obróbka parą i pranie
dyspersyjne (do druku termotransferowego)	papier przedrukowy/ poliestrowe	nie	podwyższona temperatura
dyspersyjne (do druku bezpośredniego)	poliestrowe	tak	obróbka parą i pranie
na bazie pigmentów	większość włókien	nie	krótkotrwała obróbka ciepłem lub utrwalanie UV

Źródło: [18].

W metodzie drukowania bezpośredniego materiały syntetyczne i tkaniny mieszane są zadrukowywane za pomocą sublimacyjnych farb dyspersyjnych na ploterach natryskowych. Przed zadrukiem tkanina podlega obróbce – nanosi się specjalną warstwę, która odpowiada za lepsze zwilżanie tkaniny farbą (atramentem), a po zadruku – obróbce termicznej. Atramenty termosublimacyjne zostały opisane

w rozdziale 6.2.4. Bezpośredni zadruk atramentami sublimacyjnymi w porównaniu do technologii pośredniej (termotransferowej) pozwala osiągać większe nasycenie nadruku, ze względu na to, że w metodzie termotransferowej część atramentu pozostaje po druku na papierze przedrukowym.

Przy bezpośrednim zadruku tkanin z włókien naturalnych używa się odpowiednich atramentów wodnych reakcyjnych lub kwasowych, które najlepiej wiążą się z tekstyliami na bazie włókien naturalnych. W tym przypadku również jest wymagana wstępna obróbka takich tkanin oraz odpowiednia obróbka po zadruku.

Ze względu na to, że atramenty pigmentowe nie wymagają wstępnej obróbki, a obróbka po druku polega na krótkotrwałym działaniu ciepła lub promieniowania UV, jak również i to, że można nimi drukować na szerokiej gamie podłoży, stają się one bardzo popularne. Atramenty pigmentowe są postrzegane jako przyszłościowy produkt, dlatego nadal trwają badania nad opracowaniem receptury pozwalającej na zwiększenie ich niezawodności i trwałości oraz nad zwiększeniem skali ich zastosowania. W tabeli 6.7 podano skład dwóch atramentów firmy Trident.

Większość atramentów pigmentowych i barwnikowych jest produkowana jako atramenty wodne, a większość urządzeń drukujących posiada głowice piezoelektryczne.

Tabela 6.7. Skład atramentów pigmentowych firmy Trident Industrial Inkjet

Składnik/parametr	Zawartość (%)	
	Atrament FabricFast™	Atrament FabricFast Ultra™
Pigmenty	1-20	>20-60
Związki organiczne	15-20	
Glikol dietylenowy	10	<20
Glicerol	10	–
Woda	balans	balans
pH	ok. 7	ok. 7
Lepkość	ok. 4 mPa·s	ok. 4 mPa·s

Źródło: [12].

Atramenty żelowe

Poza konwencjonalnymi atramentami na rynku znaleźć można inne rozwiązania technologiczne. Dla przykładu, w 2005 roku firma Ricoh/Nashuatec w swoich urządzeniach z serii GelSprinter zastosowała atramenty żelowe. Atramenty te podobne są pod względem składu do atramentów na bazie wody i pigmentu.

Różnica dotyczy procesu produkcji, w którym następuje zamrażanie wody. Podczas jej odcieczania z atramentu tworzy się lepka, szybkoschnąca ciecz, przypominająca żel, która natychmiast osusza się po kontakcie z papierem. Konwencjonalne atramenty w początkowej fazie drukowania mogą się rozmazywać na papierze. Żelowe zaś niemal natychmiast dają suche wydruki bez smug i rozmazywania, co umożliwia szybkie drukowanie dwustronne. Technologia żelowa nie wymaga stosowania specjalnych papierów. Dodatkowo, atramenty te są odporne na wodę i blaknięcie [25, 26].

Atramenty utrwalane UV zemulgowane z wodą

Są to atramenty utrwalane promieniowaniem UV według systemu rodnikowego. Są one wytwarzane jako emulsja wodna. Taki układ obniża znacznie lepkość. Atramenty te mają lepkość 12-20 mPas [1]. Ich budowa jest podobna do atramentów UV hybrydowych, będących emulsją rozpuszczalnikową atramentu UV. Po zetknięciu z papierem oraz w trakcie drukowania następuje rozpad nietrwałej emulsji i odparowanie rozpuszczalnika lub jego wchłonięcie przez papier.

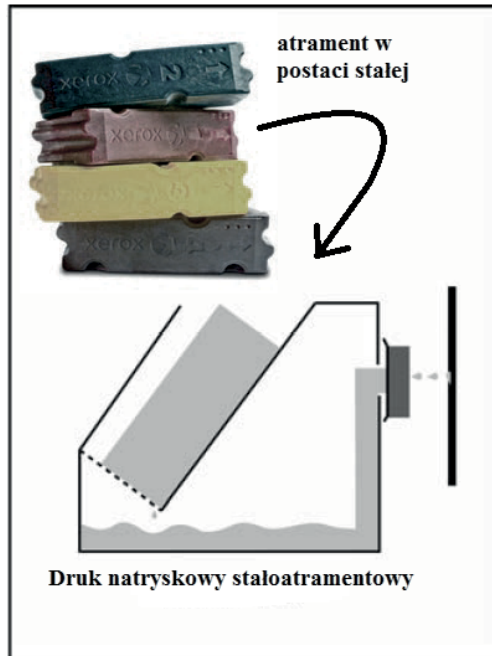
6.3. Atramenty o spoiwach bezwodnych

Atramenty o spoiwach bezwodnych stanowią największą i najbardziej zróżnicowaną grupę atramentów. Są to:

- atramenty termotopliwe,
- atramenty olejowe.
- pigmentowane atramenty rozpuszczalnikowe,
- atramenty utwardzane promieniowaniem UV,
- atramenty ceramiczne,
- inne.

6.3.1. Atramenty termotopliwe

W drukowaniu natryskowym stałoastramentowym wykorzystuje się atramenty termotopliwe (zwane po polsku także stałoastramentowymi lub woskowymi, a w języku angielskim *Hot Melt Ink*, *Phase Change Ink* lub *Solid Ink*), które w temperaturze pokojowej są ciałami stałymi, a w warunkach podwyższonej temperatury przyjmują postać ciekłą. Technologia takiego procesu została opracowana w latach 90. przez firmę Tektronix i została zrealizowana w urządzeniach drukujących firmy Phaser. Zastosowano tam stały atrament w postaci kolorowych klocków na bazie wosku (rys. 6.16). Stały atrament stapia się w temperaturze około 135-140°C, a po stopieniu, za pomocą głowicy piezoelektrycznej, nanosi się bezpośrednio (w starszych modelach drukarek) lub pośrednio (w późniejszych modelach drukarek zastosowano



Rys. 6.16. Schemat procesu drukowania natryskowego stałoastramentowego

Źródło: Palmer R., *Emerging Marking Technologies: A Review and Comparison of Xerographic and Ink-Based Imaging*, 2008 InfoTrends, Inc, s. 8, <http://www.office.xerox.com/latest/OPBWP-05U.PDF> (dostęp z dnia 08.08.2015).

pośredni cylinder) na podłoże. Po zetknięciu z podłożem farba ulegała natychmiastowemu krzepnięciu. W 2000 r. technologię druku stałoastramentowego firmy Tektronix przejęła firma Xerox, która oferowała na rynku arkuszowe modele Phaser. Obecnie firma Xerox opracowała nową technologię drukowania stałoastramentowego, która została zrealizowana w serii urządzeń (ploterów) wielofunkcyjnych Xerox ColorQube oraz w serii urządzeń do druku nakładowego Xerox CiPress. Technologia drukowania w Xerox ColorQube polega na tym, że przed drukowaniem stały atrament topi się w temperaturze 60-70°C i następnie w postaci ciekłej jest наносzony za pomocą głowic drukujących na podgrzany cylinder pośredni. Obraz z cylindra jest przekazywany na podłoże, na którym atrament schładza się i krzepnie.

Firma Océ oferuje nieco odmienną od firmy Xerox technologię drukowania stałoastramentowego – CrystalPoint. Atrament o nazwie handlowej TonerPearl jest podawany w postaci twardych kulek do głowicy drukującej, w której stapia się je w temperaturze 130-140°C do postaci żelu, co pozwala na lepszą kontrolę objętości i kształtu kropli wyrzucanej z dyszy oraz uzyskanie na podłożu lepszego kształtu nadruku punktu. Następnie atrament jest natryskiwany na podłoże, gdzie krzepnie. Technologia CrystalPoint jest zrealizowana w serii ploterów Océ ColorWave 600/300.

Podstawowe zalety technologii drukowania stałoastramentowego są następujące:

- jakość druku jest bardzo dobra i prawie nie zależy od jakości stosowanego podłoża (atrament krzepnie na powierzchni podłoża, a nie jest przez nie wchłaniany), do drukowania można stosować papiery niepowlekane, z mas makulaturowych, bądź podłoża syntetyczne (folie),
- nadruk jest odporny na działanie wody,
- bardzo szybki czas utrwalania nadruku,
- proces drukowania jest ekologiczny (nie ma emisji rozpuszczalników, występuje minimalna ilość odpadów, bo nie ma pustych pojemników po atramentach).

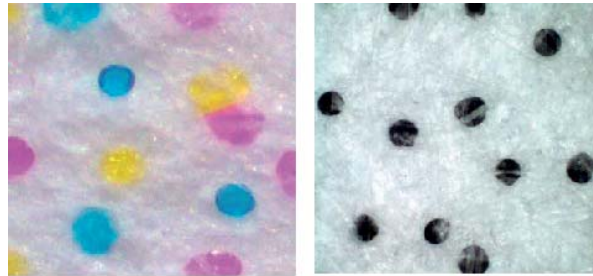
Problemem starszej generacji atramentów termotopliwych była niedostateczna odporność na ścieranie, słaba przyczepność do podłoża i niska odporność na światło. Nowsza generacja atramentów jest pozbawiona powyższych wad [1, 27].

Podstawowe składniki atramentu termotopliwego przedstawiono w tabeli 6.8. Spoiwo atramentów termotopliwych tworzą woski, żywice termotopliwe i ewentualnie składniki o stosunkowo małej masie cząsteczkowej, takie jak na przykład kwasy tłuszczowe i alkohole kwasów tłuszczowych o długości łańcucha węglowego w zakresie 18-21.

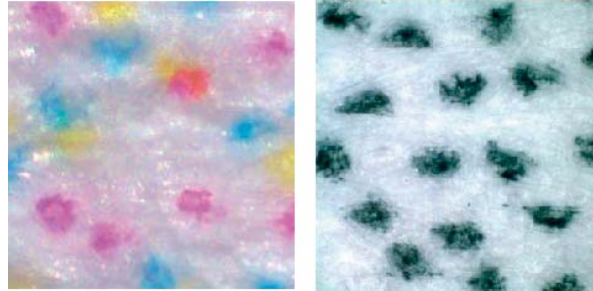
Tabela 6.8. Podstawowe składniki atramentu termotopliwego

Składnik	Przeznaczenie
Żywice (5-60%): żywice: poliamidowe, polietylenowe, poliestrowe i in.	Zabezpiecza przyczepność do podłoża
Woski (5-60%): Woski parafinowe, воск polietylenowy, воск polietylenowy oksydowany, woski na bazie amidów kwasów tłuszczowych, воск montanowy, воск Fishera-Tropscha, воск pszczeli, воск karnauba, воск kandelila i in.	Spoiwo
Plastyfikator (1-15%)	Zapewnia elastyczność
Modyfikator lepkości (5-20%)	Obniża lepkość
Niskomolekularne komponenty (5-60%): nasycone i nienasycone kwasy tłuszczowe, ketony i in.	Spoiwo
Alkohole (0,5-49%): alkohole alifatyczne, alkohole alifatyczne cykliczne, alkohole aromatyczne i in.	Spoiwo
Antyoksydanty (1-10%)	Zapobiega utlenianiu
Barwidło (0,1-20%): pigment, barwnik	Nadaje kolor

Źródło: [29].



Druk stałoastramentowy - Xerox® Production Waterless Ink



Nadrak atramentem wodnym

Rys. 6.17. Nadrak uzyskany w drukowaniu stałoastramentowym i za pomocą atramentów wodnych na papierze offsetowym 75 g/m²

Źródło: Xerox® CiPress® 500 Xerox® CiPress® 325 Production Inkjet Systems, Broszura firmy Xerox, s. 5, <http://www.xerox.com/digital-printing/latest/XPIBR-01.pdf> (dostęp z dnia 08.08.2015).

Oprócz spoiwa, w skład atramentów wchodzi barwidło (głównie pigment, który może być wspomagany barwnikiem) i różnego rodzaju dodatki (zwiększające przyczepność nadruku do podłoża, modyfikatory lepkości, środki bakteriobójcze i in). Atramenty w temperaturze podwyższonej (roboczej) posiadają najczęściej lepkość około 11 mPa·s-30 mPa·s [27-29]. Dane literaturowe podają także, że w temperaturze 150°C atramenty termotopliwe charakteryzują się lepkością zawierającą się w przedziale 2-16 mPa·s [1].

6.3.2. Atramenty olejowe

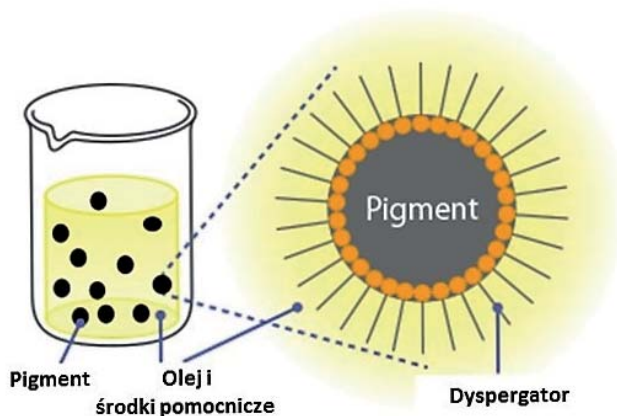
Są atramentami pigmentowymi i dlatego cechują się bardzo dobrą odpornością na działanie światła i wody (w okresie ok. jednego roku). Atramenty olejowe schną bardzo szybko i nie mają tendencji do rozlewania się, co pozwala na uzyskanie odbitek o wysokim kontraście i dokładnym odwzorowaniu barw. Tego rodzaju atramenty wymagają zastosowania specjalnego pokrycia (primeru) na podłożach papierowych. Atramenty olejowe nie są zbyt szeroko rozpowszechnione w drukowaniu atramentowym. Najczęstsze zastosowania to znakowanie i kodowanie drukowanych opakowań [30].

Atramenty te zawierają mieszaninę izoparafin C11-C13, znanych pod nazwą handlową Isopar [31], które są zwykle otrzymywane z oleju mineralnego pozyskiwanego z ropy naftowej – stąd nazwa atramentów na bazie olejów (ang. *oil-based*), w skrócie zwanych po polsku atramentami olejowymi.

Są to atramenty pigmentowane czasami podbarwiane dodatkowo barwnikami. Ich stabilność jest wyższa niż atramentów utwardzanych promieniowaniem UV, w przypadku bezczynności maszyny dysze nie zasychają szybko [32].

Atrament na bazie oleju jest niezawodny i odporny na działanie wody, a więc doskonale nadaje się do drukowania dużych prędkości. Atramenty te składają się z pigmentu, dyspergatora, oleju i dodatkowych środków pomocniczych. W celu poprawy jakości koloru stosuje się mikrocząstki jako środki dyspergujące pigmentu. Ta równowaga pigmentu, oleju, dyspergatora i dodatkowych środków jest tak zaprojektowana, aby zmaksymalizować wydajność kolorów.

Farby pigmentowane olejowe i wodne utrwalają się według tego samego mechanizmu, tj. przez absorpcję i odparowanie ciekłych składników farb. W przypadku farb olejowych nie występuje deformacja podłoża papierowego, która ma miejsce w przypadku stosowania farb na bazie wody [33].



Rys. 6.18. Schematyczna budowa atramentu olejowego
Źródło: https://www.riso.co.jp/english/tech_portal/core/ink.html
(dostęp z dnia 11.11.2016).

6.3.3. Atramenty rozpuszczalnikowe

Obecnie atramenty rozpuszczalnikowe nie stanowią jednolitej grupy. Grupa ta zazwyczaj jest dzielona na trzy podgrupy:

- atramenty o wysokiej zawartości rozpuszczalnika,
- atramenty o niskiej zawartości rozpuszczalnika,
- atramenty z ekorozpuszczalnikami.

Atramenty rozpuszczalnikowe powszechnie nazywane są solwentowymi (od ang. *solvent* – które oznacza rozpuszczalnik).

W literaturze przedmiotu spotykane są również i inne podziały na [26]: atramenty solwentowe oraz hard-solwentowe i atramenty eco-solwentowe oraz mild-solwentowe.

Atramenty rozpuszczalnikowe zawierają w swoim składzie rozpuszczalniki organiczne i pigmenty i/lub barwniki. Atramenty solwentowe są odporne na wiele czynników, łącznie z promieniowaniem ultrafioletowym. Tego typu atramenty, stosowane do techniki ciągłego strumienia (CIJ), zawierają barwniki.

6.3.3.1. Atramenty o wysokiej zawartości rozpuszczalnika

Atramenty solwentowe o wysokiej zawartości rozpuszczalnika, zwane także z angielska *hard solvent*, są najstarszymi generacyjnie atramentami rozpuszczalnikowymi. Tego typu atramenty są dedykowane do urządzeń wielkoformatowych do drukowania zewnętrznych wielkoformatowych druków reklamowych (billboardy, reklama na pojazdach).

Najczęściej w postaci rozpuszczalnika stosowano keton metylowo-etylowy (MEK) lub cykloheksanon. Takim atramentem można drukować na bardzo szerokiej gamie podłoży, bo w trakcie drukowania rozpuszczalnik reaguje z podłożem, co pozwala na trwałe fiksowanie pigmentu w warstwie wierzchniej podłoża (tworzywa sztucznego). Z tego względu, w odróżnieniu od atramentów wodnych, olejowych lub stałych, nadruk wykonany atramentem rozpuszczalnikowym o wysokiej zawartości agresywnego rozpuszczalnika jest bardzo odporny na działanie czynników zewnętrznych (wody, światła i in.). Taki nadruk bez żadnych zabezpieczeń dodatkowych (bez lakierowania lub foliowania) zachowuje swoje właściwości optyczne bardzo długo – trzy lata, a w niektórych przypadkach i więcej. Z tego powodu stosuje się go głównie do drukowania reklamy zewnętrznej. Atramenty rozpuszczalnikowe o wysokiej zawartości agresywnych rozpuszczalników (MEK lub cykloheksanon) mają szereg wad, z których główną jest przede wszystkim negatywne oddziaływanie na środowisko, w tym i ludzi z nimi pracującymi. Podczas drukowania i utrwalania atramentu wydzielają się szkodliwe opary. Z tego też względu drukowanie tymi atramentami jest możliwe tylko w pomieszczeniach z odpowiednim systemem wentylacji. Ze względu na wysoki koszt specjalistycznych systemów wentylacji oraz fakt wydzielania się szkodliwych dla środowiska oparów, atramenty te i urządzenia drukujące takimi atramentami są obecnie mało popularne. Poniżej podano przykładowy skład atramentu zawierającego dużą ilość rozpuszczalnika – rozpuszczalnikowego atramentu barwnikowego – stosowanego w metodzie ciągłego strumienia. Lepkość takiego typu atramentów zamyka się w przedziale 3-5 mPa s. Jako rozpuszczalniki zawierają one ketony i alkohole. Stosowane barwniki muszą być czyste od domieszek soli kuchennej, krzemu, żelaza i wapnia.

Przykładowy skład atramentu do ciągłego strumienia podano poniżej [1]:

MEK (metyloetyloketon)	40-60%,
Etanol	20-30%,
Woda	5%,
Glikol etylenowy	5%,
Rozpuszczalny barwnik czarny	5-10%,
Pochodne celulozy	5-15%,
Ftalan dwubutylu	1-5%,
Odpieniacz	1%,
Antyutleniacz	1%,
Azotan litu	2%.

6.3.3.2. Atramenty o niskiej zawartości rozpuszczalnika

Z powodu szkodliwego oddziaływania na ludzi i środowisko naturalne, zamiast atramentów o wysokiej zawartości agresywnych rozpuszczalników zaczęto produkować atramenty o niskiej zawartości rozpuszczalnika (zwane także mild-solwentowymi, soft-solwentowymi lub light-solwentowymi), bardziej przyjazne dla środowiska. W atramentach tych zminimalizowano zawartość szkodliwych rozpuszczalników, głównie cykloheksanonu, do 5-7% lub nawet niżej.

Atramenty tego rodzaju są wykorzystywane do podobnych zastosowań, jak atramenty o wysokiej zawartości rozpuszczalnika. Ich trwałość jest nieco niższa, w związku z mniejszą zawartością agresywnych rozpuszczalników. Utrwalają się one bardzo szybko i mogą być stosowane wewnątrz i na zewnątrz. Są one mniej niebezpieczne dla zdrowia i środowiska. Mogą być stosowane do drukowania w zwykłych pomieszczeniach, bez specjalnych systemów wentylacyjnych. Są bardziej popularne od swego poprzednika. Druki wykonane tymi atramentami są odporne na promieniowanie UV i uszkodzenia mechaniczne, podobnie jak atramenty o wysokiej zawartości rozpuszczalnika.

Kolejnym etapem w rozwoju atramentów rozpuszczalnikowych są atramenty ekosolwentowe (eco solvent), które w ogóle nie zawierają szkodliwych rozpuszczalników.

6.3.3.3. Atramenty z ekorozpuszczalnikami

Atramenty ekorozpuszczalnikowe są oparte, między innymi, o kwas mlekowy [34]. W przeciwieństwie do atramentów z dużą i niską zawartością rozpuszczalnika, nie posiadają w swoim składzie cykloheksanonu, który charakteryzuje się nieprzyjemnym, uciążliwym zapachem oraz przy wyższym stężeniu może być szkodliwy dla zdrowia. Stosowanie eko rozpuszczalników nie wymaga instalacji wyciągów powietrznych oraz zapachowych absorberów. Ponadto, tego typu atramenty,

w porównaniu do klasycznych atramentów rozpuszczalnikowych, cechują się mniejszą szkodliwością dla środowiska naturalnego.

Druk z użyciem atramentów eko posiada wyższą rozdzielczość niż druk wykonany atramentami z dużą zawartością rozpuszczalnika. Jednak do wad tego typu atramentu (eko) należy zaliczyć niższą trwałość na zmienne warunki atmosferyczne. Należy pamiętać, że ostatecznie na trwałość wydruku ma wpływ nie tylko rodzaj użytego atramentu, ale również rodzaj nośnika – inaczej tusz będzie się zachowywał na papierowym plakacie, szyldzie, transparencie lub fladze.

Maszyny i urządzenia drukujące atramentami ekorozpuszczalnikowymi muszą być wyposażone w głowice piezoelektryczne. Tradycyjne głowice termiczne nie radzą sobie z tym rodzajem atramentu.

Ostatnio pojawiły się atramenty biorozpuszczalnikowe (bio-solwentowe), w których rozpuszczalnikiem są produkty pochodzenia roślinnego.

*

Nadruk uzyskany za pomocą atramentów z obniżoną zawartością cykloheksanonu czy ekorozpuszczalnikowych posiada zalety druku rozpuszczalnikowego o wysokiej zawartości rozpuszczalników – wysoką odporność i trwałość. Atramenty rozpuszczalnikowe (solwentowe) mogą być stosowane w technologii CIJ oraz piezoelektrycznej technologii DOD (DOD PIJ). Nie stosuje się tego rodzaju atramentu w głowicach drukujących opartych na technologii DOD TIJ. Każda z tych technologii (CIJ i DOD PIJ) stawia przed atramentami nieco odmienne wymagania, stąd duża różnorodność receptur stosowanych atramentów.

W technologii CIJ atramenty rozpuszczalnikowe (solwentowe) są stosowane przede wszystkim do znakowania opakowań i różnego rodzaju produktów, w tym i produktów żywnościowych. Na rynku istnieje dużo różnych głowic drukujących, każda ma swoje wymagania względem wykorzystywanego atramentu. Generalnie takie atramenty mają niską lepkość (0,1 mPa·s do 10 mPa·s), napięcie powierzchniowe w zakresie od 20 do 35 mN/m oraz wysoki poziom przewodności elektrycznej (700-2000 mS). Typowy skład takich atramentów to: barwidło (przeważnie barwnik) – 5%, polimer – 8%, sól przewodząca (której roztwór charakteryzuje się wysokim przewodnictwem (jeśli barwnik nie wykazuje zdolności do przewodnictwa)) – 1%, środki powierzchniowo czynne – 0,5%, rozpuszczalnik organiczny lub mieszanina rozpuszczalników organicznych – 85,5%. Typowe rozpuszczalniki to aceton, metyloetyloketon (MEK), octan etylu, metanol, etanol, octan metylu i in. [15].

Wiele współczesnych głowic piezoelektrycznych (na przykład Xaar, Fuji-Dimatix) wymaga od atramentów solwentowych lepkości w zakresie 10-14 mPa·s w temperaturze natryskiwania, która jest często wyższa od temperatury pokojowej

oraz napięcia powierzchniowego w zakresie 22-36 mN/m. Typowymi rozpuszczalnikami w takich atramentach są: etery glikolu etylenowego, eter glikolu propylenowego oraz ich estry. Powszechnie stosowane są ketony, zwłaszcza cykloheksanon i izoform. Mleczany alkilowe coraz bardziej zastępują konwencjonalne rozpuszczalniki ze względu na przepisy związane z ochroną środowiska i zdrowia. W postaci barwidła w atramentach dla technologii DOD PIJ występują dyspersje pigmentów. Typowe stosowane polimery to – kopolimery chlorku winylu, kopolimery octanu winylu oraz żywice akrylowe [15]. Zastosowania takich atramentów solwentowych to przede wszystkim druk reklamy wielkoformatowej, charakteryzujący się wysoką odpornością na czynniki zewnętrzne w dłuższym czasie (do kilku lat).

Mechanizm utrwalania atramentów solwentowych polega na odparowaniu rozpuszczalnika. W aplikacjach, gdzie jest wymagana wysoka odporność nadruku, dobiera się taki rozpuszczalnik, który po naniesieniu na podłoże z tworzywa sztucznego (na przykład PVC) dodatkowo reaguje z jego wierzchnią warstwą (rozpuszcza ją) i w ten sposób uzyskuje się bardzo trwały nadruk.

Do zalet atramentów rozpuszczalnikowych (solwentowych) należą wysoka trwałość nadruku, dobra przyczepność do różnorodnych podłoży (z tworzywa sztucznego, szkła i in.), bardzo szybki czas schnięcia (często wspomagany poprzez podgrzewanie). Farby te posiadają jednak wady, do których zalicza się wydzielanie rozpuszczalników towarzyszące procesowi drukowania oraz suszenia odbitek. Z tego powodu konieczne jest stosowanie odpowiedniej wentylacji. Dodatkowo, przy stosowaniu rozpuszczalników szkodliwych dla środowiska, niezbędna jest ich odpowiednia utylizacja. Jako kolejną wadę można podać skłonność farby do zasychania i zapychania dysz natryskowych, co zmusza do częstego czyszczenia urządzeń [35].

Trzeba zaznaczyć, że atramenty wodne i rozpuszczalnikowe (solwentowe) były pierwszymi atramentami stosowanymi w drukowaniu natryskowym, a wady, które posiadały, były powodem pojawienia się nowych generacji atramentów rozpuszczalnikowych oraz innych, zupełnie nowych rodzajów atramentów, na przykład takich jak atramenty UV.

6.3.4. Atramenty utwardzane promieniowaniem UV

Składają się z monomerów, oligomerów, fotoinicjatorów, pigmentów i/lub barwników oraz dodatków. Światło UV powoduje zestalenie wszystkich składników farby bez odparowania jakichkolwiek substancji, dając trwałą powłokę nadruku. Dlatego też 100% składników atramentu pozostaje w utrwalanej warstwie. Sprawia to, że technologia UV jest jedną z najczystszych technologii z punktu widzenia ochrony środowiska. Farby natryskowe utrwalane promieniowaniem UV utrwalają

się według dwóch odmiennych mechanizmów. Produkowane są farby utrwalane promieniowaniem UV według rodnikowego i kationowego mechanizmu reakcji polimeryzacji. Udział atramentów polimeryzujących według mechanizmu rodnikowego jest największy na rynku. Atramenty kationowe zostały opracowane przez firmy Toyo i Konica Minolta, prace nad nimi prowadzi Sun Chemical. W sektorze drukowania wielkoformatowego technologia ta jest dostępna w serii urządzeń Solara ion firmy Gerber Scientific.

Technologia drukowania UV jest jedną z nowszych, ciągle jeszcze dynamicznie rozwijających się technologii w dziedzinie druku natryskowego i najczęściej jest stosowana w wielkoformatowym drukowaniu natryskowym oraz drukowaniu etykiet i opakowań giętkich. Technologia ta pozwala uzyskać nadruk bardzo odporny na działanie światła, wody i innych czynników. Do głównych zalet technologii druku natryskowego za pomocą atramentów utrwalanych promieniowaniem UV trzeba zaliczyć:

- po pierwsze, jest ona bardzo przyjazna dla środowiska naturalnego,
- po drugie, atramenty w tym systemie zapewniają adhezję do różnorodnych materiałów i dużą odporność mechaniczną,
- po trzecie, a jest to istotne dla przyszłości tego przemysłu, drukowanie farbami utrwalanymi promieniowaniem UV zapewnia natychmiastowe sieciowanie, co oznacza, że wydruk jest suchy (utrwalony) natychmiast po wydrukowaniu; przy dużej skali produkcji urządzenia natryskowe muszą pracować coraz szybciej i nie ma czasu na suszenie,
- po czwarte, wydruki na bazie atramentów UV mogą być natychmiast wysyłane do wykańczania. Przyspiesza to cały proces produkcji poligraficznej i pozwala na szybsze zakończenie pracy.

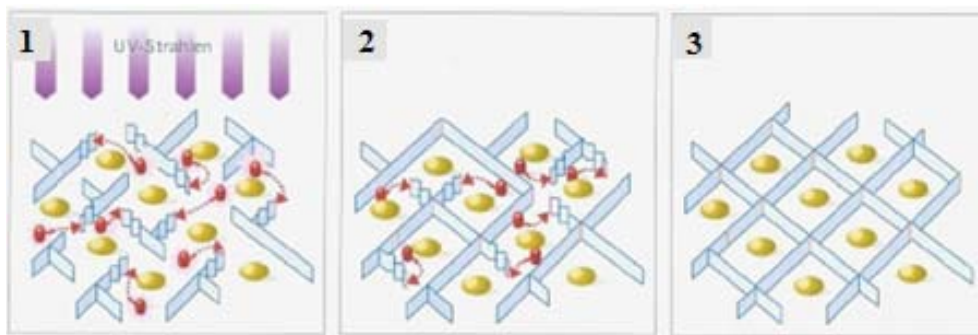
Atramenty utrwalane promieniowaniem UV ze względu na wymagania głowic drukujących DOD PIJ powinny posiadać dość niską lepkość – 8-12 mPa·s w temperaturze natryskiwania (większość głowic posiada grzejniki, które podgrzewają atrament, w wielu przypadkach do temperatury 70°C). Napięcie powierzchniowe atramentów zależy od typu głowicy drukującej i wynosi średnio około 20-30 mN/m [15].

Obecnie rozwój technologiczny atramentów utwardzanych promieniowaniem UV jest poprzedzany rozwojem procesu drukowania analogowego farbami utwardzanymi UV. Fakt powyższy świadczy o tym, że nowości wprowadzane w drukowaniu analogowym są w krótkim czasie implikowane do drukowania natryskowego, zarówno w postaci technologii, jak i nowych atramentów. Dotyczy to głównie zagadnień związanych ze stosowaniem różnego rodzaju promienników emitujących promieniowanie UV (służące do utwardzania atramentów), polepszeniem zwilżalności i zmniejszeniem lepkości atramentów oraz dopuszczeniem atramentów UV

do drukowania opakowań środków spożywczych. Zagadnienia powyższe zostaną przedstawione w końcowej części tego podrozdziału.

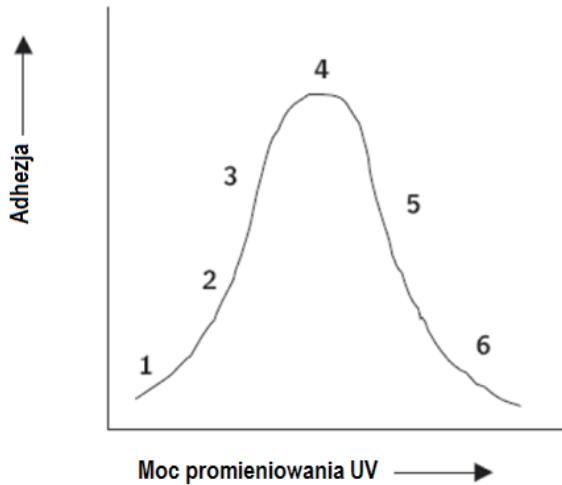
Proces polimeryzacji rodnikowej atramentów UV. Promieniowanie ultrafioletowe jest wykorzystane do zapoczątkowania i przebiegu procesu fotochemicznego, zwanego utrwalaniem UV atramentów. Atramenty utrwalane promieniowaniem UV zawierają nienasycone niskocząsteczkowe żywice z estrów akrylowych (oligomery) rozpuszczone w monomerach akrylowych, fotoinicjatory, pigmenty i/lub barwniki oraz dodatki (rys. 6.19). Monomery mają do spełnienia dwa zadania: są nietłymym rozpuszczalnikiem żywicy i współdziałają w procesie sieciowania składników spoiwa. Wszystkie składniki farb fotoutwardzalnych tworzą ciekłą kompozycję fotopolimerową, która pod wpływem promieniowania ulega zestaleniu.

Proces polimeryzacji obejmuje trzy etapy: inicjację – zapoczątkowanie, wzrost łańcucha (propagację) oraz zakończenie. W procesie opartym na mechanizmie rodnikowym fotoinicjatory (na rys. 6.19 zaznaczone kolorem czerwonym), absorbując energię promieniowania UV, tworzą wolne rodniki (rys. 6.19, etap 1) podczas fazy zwanej inicjacją. Następnie wolne rodniki reagują z podwójnymi wiązaniami obecnymi w akrylowych grupach funkcyjnych oligomerów i monomerów (rys. 6.19 – kolor niebieski) – etap ten jest znany jako faza propagacji (rys. 6.19, etap 2). Następnie cząsteczki monomerów i oligomerów łączą się, tworząc sieć z długich połączonych ze sobą łańcuchów. Uzyskuje się przestrzennie usieciowaną strukturę (rys. 6.19, etap 3), wewnątrz której zostają zamknięte cząsteczki pigmentu – zaznaczone kolorem żółtym [35-37]. Farby UV rodnikowe, ze względu na obecność w nadmiarze fotoinicjatorów, nie mogą być stosowane do drukowania opakowań mających bezpośredni kontakt ze środkami spożywczymi.



Rys. 6.19. Schemat procesu polimeryzacji atramentów

Źródło: UV-curable Inks. The Future of Industrial InkJet Printing, https://shop.ndgraphics.com/Products/Media/Docs/UVinks_info.pdf?_hstc=108337501.514756f51aad28a6d480b0896ec071ba.1407456000052.1407456000053.1407456000054.1&_hssc=108337501.1.1407456000055&_hsfp=1314462730 (dostęp z dnia 12.10.2015).



Rys. 6.20. Wpływ mocy promieniowania UV na przyczepność warstwy nadruku do podłoża
 Źródło: *UV-curable Inks. The Future of Industrial InkJet Printing*, https://shop.ndgraphics.com/Products/Media/Docs/UVinks_info.pdf?_hstc=108337501.514756f51aad28a6d480b0896ec071ba.1407456000052.1407456000053.1407456000054.1&_hssc=108337501.1.1407456000055&_hsfp=1314462730 (dostęp z dnia 03.03.2015).

W urządzeniach, w których używane są farby fotoutwardzalne, stosowane są lampy rtęciowe z lustrami parabolicznymi, które powodują skupienie promieniowania na zadrukowywanym podłożu. Lampy te powinny być zamontowane za dyszami w taki sposób, aby ich promieniowanie nie padało na głowice z dyszami, gdyż mogłoby to powodować ich zapchanie, poprzez zainicjowanie procesu polimeryzacji. W celu przyspieszenia procesu utrwalań farby często przeprowadza się go w atmosferze gazowego azotu, który powoduje wypieranie tlenu z nadruku. Jest to ważne, ponieważ tlen jest inhibitorem procesu polimeryzacji i opóźnia fotoutwardzanie.

Moc promieniowania UV ma wpływ na adhezję utrwalonej warstwy atramentu do podłoża. Przy braku ekspozycji promieniowania UV lub przy małej ekspozycji atrament nie utrzyma się i pozostanie ciekły (rys. 6.20, etap 1). Na etapie 2 (rys. 6.20) następuje częściowa polimeryzacja, zwykle warstwy zewnętrznej. Wynikiem tego może być „skożuszenie się warstwy nadruku”, co skutkuje słabą przyczepnością do podłoża. Na etapie 3 warstwa atramentu pod warstwą wierzchnią utrwaloną nadal jest lepka. Etap 4 charakteryzuje się dobrze utrwaloną warstwą atramentu, bez oznak kleistości o słabym zapachu, z elastyczną warstwą nadruku i dobrą przyczepnością do podłoża. Na etapie 5 zwiększa się twardość utrwalonej powłoki nadruku, co powoduje jej kruchość. Etap 6 charakteryzuje się bardzo słabą adhezją i niską elastycznością nadrukowanej warstwy atramentu [38].

Proces polimeryzacji kationowej atramentów UV. Podobnie jak w przypadku farb utrwalanych według systemu rodnikowego, tak i w przypadku utrwalania kationowego spoiwo farb składa się z nienasyconej żywicy. W charakterze żywic nienasyconych w tym przypadku najczęściej stosowane są cykloalifatyczne żywice epoksydowe – reaktywne oligomery zawierające dwa lub więcej trójcłonowych pierścieni oksiranowych (grup epoksydowych) w cząsteczce. W wyniku reakcji ze związkami zdolnymi do otwarcia pierścienia oksiranowego, tworzą one produkty usieciowane, charakteryzujące się bardzo pożądanymi właściwościami użytkowymi. Stosowane fotoinicjatory mają zupełnie inną budowę. Fotoinicjator pod wpływem promieniowania wytwarza kwas (kation) Lewisa lub kwas Brønsteda, który inicjuje proces polimeryzacji. Do zainicjowania reakcji niezbędna jest pewna ilość ciepła. Promieniowanie UV jest wykorzystywane tylko podczas pierwszej fazy polimeryzacji – inicjacji. Proces polimeryzacji według mechanizmu kationowego (w odróżnieniu od mechanizmu rodnikowego), po zainicjowaniu reakcji polimeryzacji promieniowaniem UV, nie potrzebuje promieniowania UV na etapie propagacji, a trwa do końca (100% spolimeryzowanych składników) bez udziału promieniowania UV. Z tego powodu farby kationowe utrwalane UV są dopuszczone do drukowania opakowań mających bezpośredni kontakt ze środkami spożywczymi. Ale szybkość procesu polimeryzacji (łącznie z etapem „ciemniowym”) jest mniejsza w stosunku do mechanizmu rodnikowego. Inhibitorem procesu polimeryzacji według mechanizmu kationowego jest woda oraz środowisko zasadowe. Stąd ograniczenia co do stosowanych w składzie atramentów pigmentów oraz dodatków, ich pH nie może przekraczać 7. Atramenty kationowe charakteryzują się znacznie mniejszym, w porównaniu do atramentów rodnikowych, skurczem utrwalonej warstwy. Skurcz wynosi około 3-5%, co z kolei zapewnia większą przyczepność do różnego rodzaju podłoży (tworzywa sztuczne, szkło, blacha i in.).

Tabela 6.9. Zalety i wady atramentów kationowych

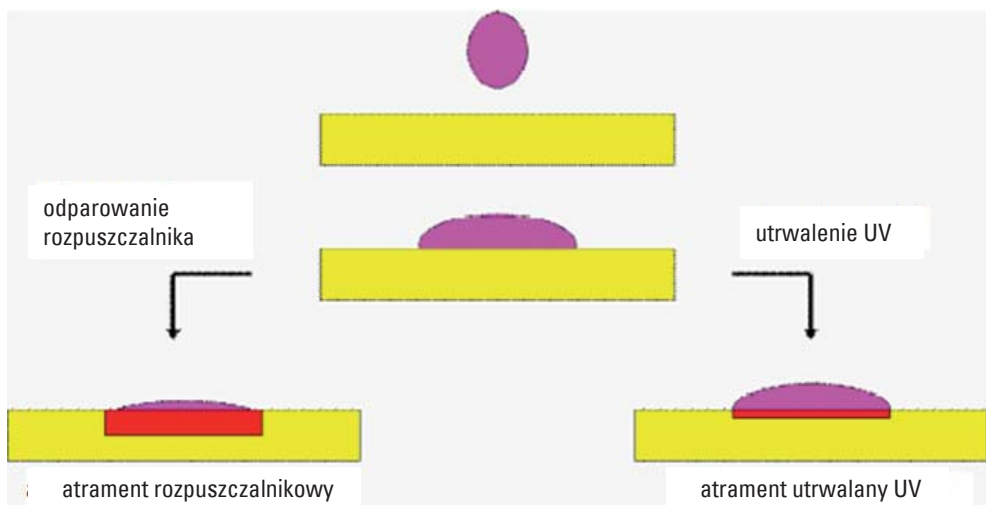
Zalety	Wady
– brak inhibicji tlenowej procesu polimeryzacji	– inhibitorami procesu polimeryzacji są woda i środowisko zasadowe
– doskonała adhezja do szerokiej gamy podłoży	– wybór pigmentów i innych surowców jest ograniczony
– fizyczne i funkcjonalne właściwości nadrukowanej warstwy farby (odporność na działanie różnych czynników mechanicznych) są lepsze w stosunku do atramentów rodnikowych	– są droższe w stosunku do atramentów rodnikowych

Źródło: [39].

Oprócz tego, farby te charakteryzują się wysoką elastycznością, odpornością na ścieranie i na działanie różnych czynników chemicznych. Zalety i wady atramentów utrwalanych według mechanizmu kationowego zestawiono w tabeli 6.9.

Porównanie właściwości atramentów rozpuszczalnikowych i utrwalanych UV

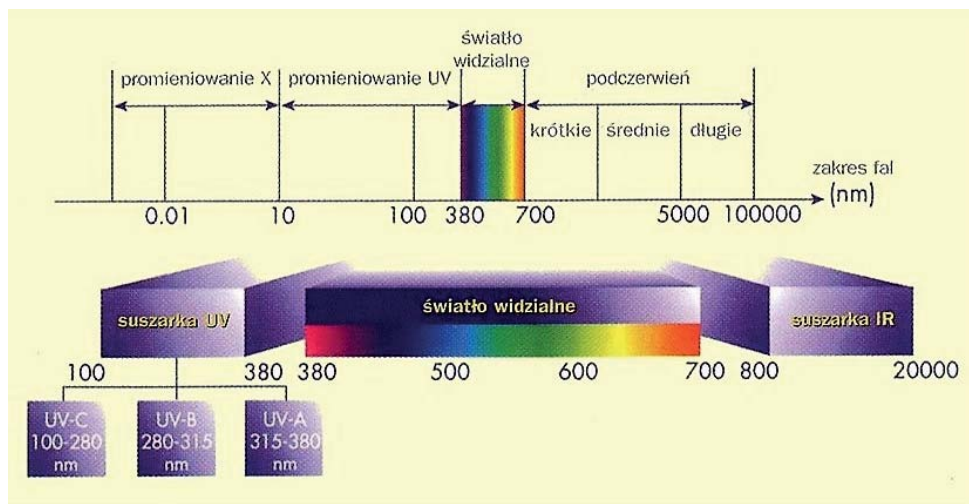
Ze względu na mechanizm utrwalania, czas utrwalania atramentów solwentowych jest dłuższy od czasu utrwalania atramentów UV. W przypadku atramentów solwentowych, rozpuszczalnik reaguje z PVC (rozpuszcza go) oraz niektórymi innymi podłożami polimerowymi. W efekcie tej reakcji barwniki, znajdujące się w atramencie, wnikają w głąb nośnika razem z rozpuszczalnikiem, a nie leżą na jego powierzchni. W przeciwieństwie do atramentów rozpuszczalnikowych, atramenty UV są utwardzane tak szybko, że kropelka atramentu pozostaje wypukła na powierzchni podłoża (rys. 6.21). Pozwala to na zmniejszenie zużycia atramentu do zadruku takiej samej powierzchni [38].



Rys. 6.21. Warstwa nadruku uzyskana w technologii drukunatryskowego solwentowego i UV
 Źródło: *UV-curable Inks. The Future of Industrial InkJet Printing*, https://shop.ndgraphics.com/Products/Media/Docs/UVinks_info.pdf?_hstc=108337501.514756f51aad28a6d480b0896ec071ba.1407456000052.1407456000053.1407456000054.1&_hssc=108337501.1.1407456000055&_hsfp=1314462730 (dostęp z dnia 03.03.2015).

Nowe rozwiązania w zakresie technologii UV stosowanej do produkcji atramentów do drukowania natryskowego

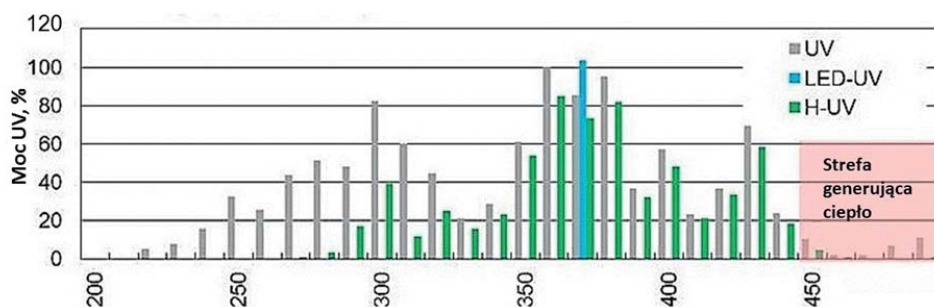
Rozwój technologii UV stosowanej w drukowaniu analogowym powoduje identyczny rozwój atramentów utwardzanych promieniowaniem UV. W związku z powyższym mamy na rynku atramenty utwardzane promieniowaniem UV, które korzystają, identycznie jak w drukowaniu analogowym, z nowych źródeł promienników UV.



Rys. 6.22. Widmo promieniowania elektromagnetycznego
Źródło: opracowanie własne.

Obecne na rynku promienniki UV można podzielić na źródła promieniujące: UV tradycyjne (UV hard), UV LE (lampy UV nisko energetyczne), UV LED⁷ (diody LED) i multi wave LED (diody LED o szerokim spektrum promieniowania UV). Tak atramenty, jak i farby, do każdego wariantu utwardzania mają inne składniki, gdyż inne są zakresy i energia powyższych wymienionych promienników. Technologie utwardzania farb analogowych i atramentów stosowanych w drukowaniu natryskowym przyjmują nazwę od nazwy stosowanego promiennika.

Dotychczas stosowane **tradycyjne drukowanie UV** wykorzystuje do utrwalania lampy rtęciowe średniego ciśnienia. W maszynach znajdują się zazwyczaj 2-3 takie lampy. Lampa jest zbudowana z jarznika w postaci szklanej rurki, w której



Rys. 6.23. Aktywne zakresy promieniowania UV emitowane przez lampy klasyczne UV, LED UV i H-UV

Źródło: Reprograf: H-UV-LEDUV: Technologia, System Suszenia, Konferencja Warszawa, 14.11.2016 r.

⁷ Light Emitting Diodes – diody emitujące światło.

z obu stron umieszczone są elektrody wolframowe. W jarzniku znajduje się rtęć i gaz inicjujący pod ciśnieniem. Lampy te wydzielają cały określony zakres promieniowania UV z głównymi falami o długości: 254 nm, 313 nm i 365 nm. Można wyróżnić trzy przedziały o różnych zdolnościach utrwalania atramentów. Promienie UV-C, o długości fal 200-280 nm, bezpośrednio utrwalają atramenty na ich powierzchni. Druga grupa promieniowania mieści się w przedziale długości fal 200-315 nm. Są to promienie UV-B, wnikające głębiej w warstwę atramentu i zapewniające lepsze jej utwardzenie. Promienie UV-A, z przedziału 315-380 nm, wnika do najgłębszych warstw farb wysokopigmentowych i utwardzają grube warstwy atramentu lub lakieru. Farby UV zawierają kilka różnych fotoinicjatorów, z których każdy absorbuje światło UV głównych fal [40,41].

Szybko rozwijająca się technika fotoutwardzania wykorzystuje atramenty rodnikowe i kationowe.

Technika z wykorzystaniem **diod LED** korzysta z ich prawie monochromatycznego promieniowania w zakresie promieniowania UVA przy maksimum 365-395 nm. Stosowane atramenty UV LED wytwarzane są z użyciem wysokiego stężenia fotoinicjatorów. Lampy LED nie emitują promieniowania w zakresie fal podczerwonych, a tym samym nie wytwarzają ciepła, które jest generowane z samych diod LED. Nie nagrzewają się tak jak tradycyjne lampy UV, natychmiast po włączeniu osiągają pełną intensywność promieniowania. Nie następuje emisja ozonu. Lampy UV LED mają nawet mniejsze zużycie energii w porównaniu do lamp LE UV [41]. Wadą tego typu rozwiązania są bardzo drogie atramenty i ograniczona dostępność kolorów.

Technika UV LE, nowsza od dwóch wcześniej opisanych, spotykana jest pod różnymi nazwami, stosowanymi przez dostawców maszyn: Heidelberg UV LE (low energy – niskoenergetyczne), KBA HR-UV (hoch reaktive – wysoko reaktywne), Komori HUV (hyper UV – super UV) i manroland LEC-UV (*low energy curing* – niskoenergetyczne). Lampy LE UV to lampy rtęciowo-żelazowe, oprócz rtęci zazwyczaj zawierają jodek żelaza. Nie emitują krótkich długości fal, dają zmniejszone widmo fal w zakresie 315-380 nm. Promieniowanie to wnika w głąb warstwy farby i hartuje również głębiej położone elementy. Lampy te działają przy niższym poziomie mocy, a więc przy niskiej energii atramenty muszą zawierać wyższe stężenia fotoinicjatorów, by zapewnić całkowite wysuszenie na zadrukowywanym arkuszu. Stąd atramenty i farby są nazywane „Low Energy UV Inks” lub „Highly Reactive UV Inks”.

Lampy UV pracują na niższych poziomach mocy i proces emituje mniej promieniowania podczerwonego niż w konwencjonalnym procesie UV. Nie następuje emisja ozonu, zredukowana jest emisja dwutlenku węgla. Farby UV LE prawie nie wydzielają zapachu.

Jedną z wad tego procesu jest ograniczony wybór atramentów i lakierów. Relatywnie wysokie są koszty atramentów, lakierów i środków do czyszczenia. Zaletą jest mniejsze zużycie energii w procesie utrwalania [41, 42].

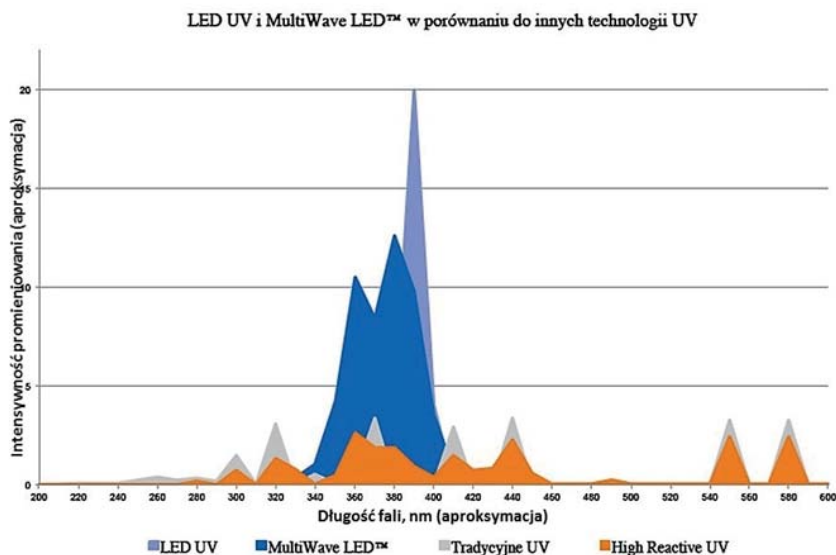
Technologia MultiWave LED

Technologia MultiWave LED – opracowana ostatnio przez amerykańską firmę AMS – stosuje moduły LED o szerokim spektrum UV, które umożliwiają suszenie wielu farb UV i lakierów dostępnych na rynku. Sprawa wykorzystania jej w maszynach zwojowych natryskowych pozostaje w tej chwili otwarta – są możliwości, ale brakuje konkretnej informacji. Należy sądzić, że technologia MultiWave LED prędzej czy później zaistnieje także w maszynach natryskowych.

MultiWave LED to przełom w technologii suszenia UV, dzięki któremu możemy po raz pierwszy na świecie wysuszyć w technologii LED UV wiele farb i lakierów przeznaczonych do tradycyjnego UV. MultiWave jest możliwe dzięki zastosowaniu opatentowanej technologii Peak Optics, która umożliwia perfekcyjne wymieszanie różnych długości fali LED w jednym module XP, wyposażonym w jedno sterowanie, zasilanie oraz agregat chłodzący.

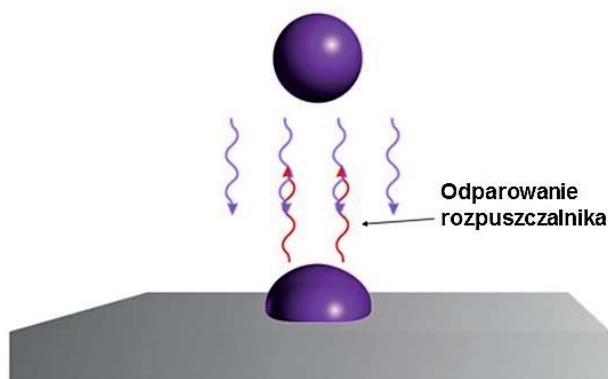
Technologia umożliwia utwardzanie wszystkich farb oraz atramentów wyprodukowanych dla pozostałych technik UV, w tym i atramentów do klasycznego UV. Pozwala to na stosowanie szerokiej gamy farb o zróżnicowanych barwach.

Kolejna nowość to **atramenty o niskiej migracji** utwardzane UV, przeznaczone do drukowania i/lub znakowania opakowań środków spożywczych. Są one nazywane atramentami LM (*Low Migration*) i atramentami EB [43, 44]. Pierwsze to specjalnie dobrane kompozycje rodnikowych atramentów o pełnym składzie, drugie to specjalne atramenty rodnikowe bez fotoinicjatorów, utrwalane strumieniem szybkich elektronów (*Electron Beam* = EB).



Rys. 6.24. Porównanie energii LED UV i MultWave do innych technologii UV

Źródło: <http://www.mpaj.pl/oferta/suszenie-led-uv/led-uv-w-druku-arkuszowym/multiwave-led> (dostęp z dnia 04.12.2016).



Rys. 6.25. Schemat działania atramentu hybrydowego UV
 Źródło: http://www.eclipse-print.com/images/illustrations/ilustr_09_dekorace.jpg
 (dostęp z dnia 10.01.2017).

Nowością są także **atramenty hybrydowe**. Są to atramenty UV aplikowane jako emulsja w rozpuszczalnikach organicznych lub wodnych [45].

6.3.5. Atramenty ceramiczne

Atramenty do drukowania wyrobów ceramicznych, powszechnie zwane atramentami ceramicznymi, stosuje się do dekorowania metodą druku natryskowego szkła i płytek ceramicznych. Atramenty takie zawierają w swoim składzie nieorganiczne pigmenty ceramiczne, frytę szklaną, rozpuszczalnik (organiczny lub wodę) lub mieszaninę rozpuszczalników, środki dyspergujące i dodatki. Atrament bez podkładu jest drukowany bezpośrednio na szkłe lub na szklawie płytek ceramicznych, łączy się z nim trwale podczas wypalania w piecu w wysokiej temperaturze (680-700°C w przypadku szkła i około 900-1200°C w przypadku płytek ceramicznych). W procesie wypalania atrament stapia się i staje się częścią szklawa lub szkła (rys. 6.26 i 6.27).

Atramenty ceramiczne stosowane w drukowaniu natryskowym powinny spełniać wymagania stawiane przez głowice drukujące – posiadać odpowiednią lepkość, napięcie powierzchniowe, minimalne wymiary cząsteczek i in. Z drugiej strony, żeby móc uzyskać intensywne barwy nadruku, pigmenty nieorganiczne muszą posiadać pewne uziarnienie. Uziarnienie charakteryzowane jest jako ściśle określony zakres średnicy zastępczej d_{50} i jest specyficzną cechą fizyczną danego pigmentu, decydującą o intensywności barwy.

Pigmenty stosowane w atramentach ceramicznych cechują się większym wymiarem cząsteczek, a zawartość składników stałych (pigmentów, fryty) też jest większa w porównaniu do zwykłych atramentów pigmentowych. Z tego powodu atramenty takie mogą wykazywać tendencję do osadzania się i sedymentacji. Problem ten producenci urządzeń natryskowych rozwiązali, tworząc głowicę drukującą specjalnej konstrukcji,

która zapobiega osadzaniu się cząsteczek pigmentu wewnątrz głowicy, wykorzystując inteligentne technologie filtrowania i wysysania powietrza oraz stosując system recyrkulacji atramentu. Na przykład, w urządzeniach firmy Durst system recyrkulacji Circular-Flow został tak zaprojektowany, że atrament cyrkuluje bezpośrednio za płytą z dyszami. Przy takim rozwiązaniu atrament nigdy nie skondensuje, nie wyparuje i nie będzie się osadzał, ponieważ zawsze przez dysze będzie pompowany świeży atrament, pozbawiony mikropęcherzyków powietrza [46, 47].

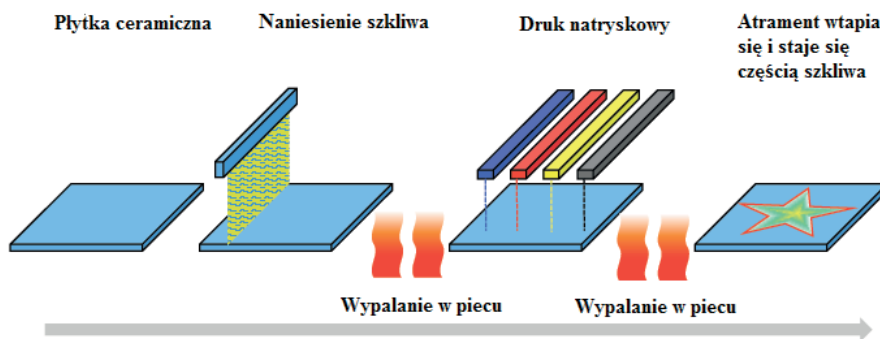
Oprócz tego, właściwości atramentów powinny być stabilne w czasie. Zmiana dowolnego parametru może wpłynąć na zmianę barwy nadruku. Stabilność takich kluczowych parametrów, jak gęstość, lepkość i napięcie powierzchniowe atramentu uzyskuje się dzięki utrzymaniu atramentu w stałej temperaturze. Jest to konieczne we wszystkich kompozycjach atramentu, tak na bazie zawiesziny cząstek stałych, jak i związków metaloorganicznych w rozpuszczalnikach organicznych lub wodzie. W niektórych maszynach całe zbiorniki z atramentem są termostatowane, a w innych – tylko komory dysz lub tylko same dysze [46, 47].

W tabeli 6.10 przedstawiono producentów urządzeń drukujących do zadruku płytek ceramicznych.

Tabela 6.10. Producenci urządzeń drukujących do zadruku płytek ceramicznych

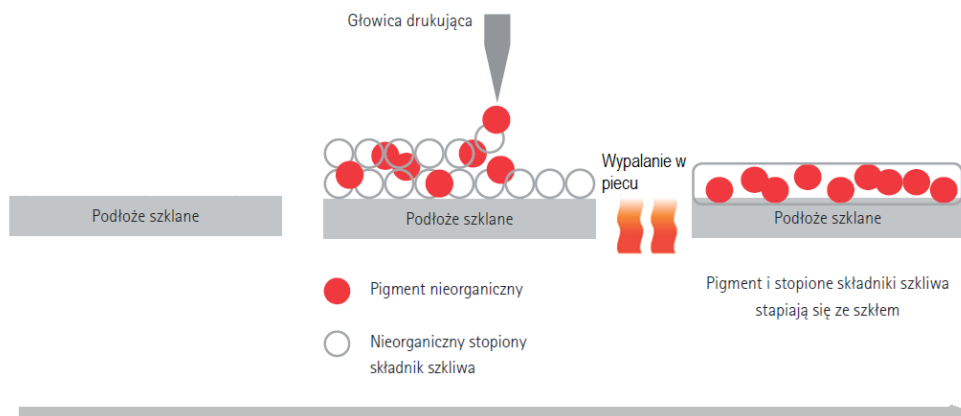
Producent	Głowica drukująca
Cretaprint (EFI) (Hiszpania/USA)	XAAR, TTEC
Cretaprint (EFI) (Hiszpania/USA)	XAAR, TTEC
Durst (Włochy)	Dimatix
Flora Runtianzhi (Chiny)	Dimatix
Hope (Chiny)	XAAR
Jetable (IL)	Dimatix
Kerajet (Hiszpania)	SII, XAAR, Dimatix
Meijia (Chiny)	Dimatix
New King (Chiny)	Dimatix
Projecta (Włochy)	XAAR
SACMI (Intesa) (Włochy)	XAAR
System (Włochy)	Dimatix
Teckwin (Chiny)	Dimatix
TecnoFerrari (Włochy)	XAAR
TSC (Włochy)	XAAR

Źródło: [48].



Rys. 6.26. Schemat procesu dekorowania płytek ceramicznych metodą druku natryskowego i atramentów ceramicznych

Źródło: *Ink Jet Ceramic Tile Printing Analysis – 2013. I.T. Strategies, June 2013*, http://www.proximusllc.com/uploads/2/8/5/8/2858892/ink_jet_ceramic_tile_printing_analysis_-_2013.pdf (dostęp z dnia 08.08.2015).



Rys. 6.27. Schemat procesu dekorowania szkła metodą druku natryskowego i atramentów ceramicznych

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Rho Vetrocer 250. Cyfrowe systemy drukowania do dekoracji szkła i fasad*, Broszura firmy Durst, http://www.durst.it/media/Rho_Vetrocer_250-IX201PL.pdf (dostęp z dnia 08.08.2015).

W atramentach ceramicznych w postaci barwidła mogą być stosowane:

- pigmenty mikronizowane – konwencjonalne pigmenty ceramiczne, ale, w odróżnieniu od nich, zmielone do wymiarów submikronowych (średnia średnica pomiędzy 0,2-0,6 μm , czyli od 200 do 600 nm),
- barwniki metalokompleksowe (tak zwane „sole rozpuszczalne”) oraz ulepszone „sole rozpuszczalne”, zdolne do tworzenia w czasie wypalania drobnych cząsteczek pigmentu,
- zole metali szlachetnych o wymiarach cząsteczek zwykle poniżej 50 nm,
- nanopigmenty (o wymiarach 10-50 nm) syntezowane na bazie tlenków metali i metali koloidalnych.

Obecnie prawie cała produkcja atramentów natryskowych ceramicznych do dekoracji płytek ceramicznych opiera się na pigmentach mikronizowanych. Zawartość pigmentów w kompozycji atramentów ceramicznych wynosi około 5-25%, rozpuszczalnika około 60-70%, fryty – 20-35%, dodatków – 0,1-1% [49, 50].

W postaci rozpuszczalnika atramenty ceramiczne mogą zawierać wodę, alkohole, glikole, estry glikolu, estry, ketony, kwasy i węglowodory. Właściwości atramentu (tabela 6.11) w dużej mierze zależą od właściwości rozpuszczalnika, a jako rozpuszczalniki najlepiej nadają się alkohole i estry glikolu [49].

Tabela 6.11. Właściwości atramentów ceramicznych stosowanych w urządzeniach natryskowych DOD

Zjawisko	Właściwości atramentu	Wymagania
Zatykanie dysz	wymiary cząsteczek pigmentu	średnica < 1 μm
Proces wytwarzania kropli	napięcie powierzchniowe	20-45 mN/m
Zabrudzenie dysz		
Rozlewanie się atramentu na podłożu (płytkę ceramiczną)		
Wielkość i kształt kropli	lepkość	4-30 mPa·s
Penetracja atramentu w podłoże (płytkę ceramiczną)		
Dokładność pozycjonowania kropli na podłożu	gęstość	1.1-1.5 g·cm ⁻³
Działanie korodujące na elementy głowicy drukującej	pH	5 < pH < 10
Sedymentacja pigmentu	potencjał Zeta	±20 mV (atramenty na bazie wody)

Źródło: [49, 50, 51].

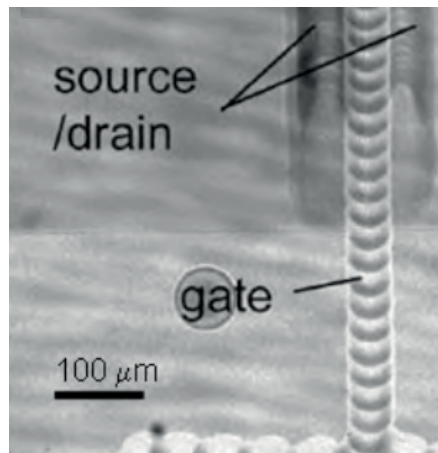
6.3.6. Inne atramenty

Atramenty przewodzące

Atramenty elektroprowadzące są stosowane w produkcji tzw. elektroniki drukowanej (Printed Electronics). Drukowanie natryskowe w zakresie produkcji elektronicznych obwodów drukowanych konkuruje z klasycznymi technikami drukowania (fleksografią, rotograwiurą, sitodrukiem). W porównaniu do klasycznych

technik drukowania, jak również do technologii półprzewodnikowych (fotolitografii, naporowywania próżniowego itp.), w cyfrowym drukowaniu natryskowym osiąga się znaczne korzyści, przede wszystkim w wytwarzaniu produktów dostosowanych do indywidualnych potrzeb, zarówno z elastycznych, jak i wrażliwych materiałów. Niższy koszt zakupu urządzeń, tańsza eksploatacja i konserwacja oraz oszczędności materiałów (związane z minimalizacją odpadów w procesie drukowania) zwiększają opłacalność natryskowego druku elektroniki. Obecnie za pomocą drukowania natryskowego wytwarza się diody świecące OLED, z których są zbudowane wyświetlacze diodowe, anteny RFID, tranzystory, układy scalone, czujniki.

Rozdzielczość nadruku to problem, z którym mierzy się technika drukowania natryskowego. Wzór nadrukowany dla celów elektroniki drukowanej dla części zastosowań powinien charakteryzować się bardzo wysoką rozdzielczością i równomiernością uzyskanych elementów (na przykład nadrukowanych linii). Szerokość linii uzyskana w procesach fotolitografii wynosi około 50 nm. Współczesne przemysłowe głowice drukujące natryskowe pozwalają na nadruk linii o szerokości 10-20 μm , ale nawet w próbach laboratoryjnych uzyskanie szerokości nadruku 1 μm jest bardzo trudne. Z kolei rozdzielczość nadruku, którą uzyskuje się w klasycznych technikach drukowania jest porównywalna – około 20-30 μm [15]. Nakładanie w procesie druku kropli częściowo na wcześniej naniesioną kroplę powoduje kolejny problem – nierównomierności linii, co pogorsza charakterystykę pracy urządzenia.



Rys. 6.28. Widoczna nierównomierność nadrukowanej linii

Źródło: Magdassi S., *The chemistry of inkjet inks*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2010, s. 312.

Atramenty elektroprowadzące powinny spełniać wymagania stawiane przez głowice drukujące (posiadać odpowiednią lepkość, napięcie powierzchniowe i inne parametry), a ponadto powinny zapewniać dobrą przewodność elektryczną nadrukowanego wzoru.

Głównym składnikiem atramentów stosowanych do druku elektronicznego jest bezwzględnie materiał przewodzący. Do atramentów dodaje się nanocząsteczki metali przewodzących, polimerów oraz związków węgla (nanorurek węglowych (CNT)). Duże znaczenie ma również spoiwo. Najczęściej jego rolę pełnią rozpuszczalniki organiczne (na bazie octanów, glikoli, itp.) lub woda. Obecnie opracowano i wciąż są opracowywane nowe kompozycje atramentów elektroprzewodzących.

Najbardziej rozpowszechnione są atramenty z zawartością nanoproszków metali, w tym srebra, które jest uważane za jeden z najlepszych metali przewodzących. Minusem jest wysoka cena atramentów na bazie srebra – dość drogie srebro stanowi bowiem od 20% do 80% zawartości. Z tego względu naukowcy prowadzą intensywne badania nad szerszym wykorzystaniem znacznie tańszej miedzi i aluminium. Chociaż substraty zawierające te metale są równie dobrymi przewodnikami jak srebro, ich stosowaniu nadal towarzyszy problem niekontrolowanego utleniania i dyfuzji. Jako rozpuszczalników w atramentach z nanoproszkami srebra stosowano: wodę; alkohole i inne rozpuszczalniki tlenowe, węglowodory, takie jak toluen; cykloheksan. Jednakże najczęściej stosuje się mieszaniny różnych rozpuszczalników, takich jak woda/alkohole, woda/glikole lub mieszaniny wieloskładnikowe, zawierające wodę, tlenowe rozpuszczalniki organiczne i glicerol. Kompozycje atramentów na bazie dyspersji nanocząsteczek metalicznych powinny być stabilne w czasie. W związku z tym, do składu atramentów dodaje się środki dyspergujące (stabilizatory), zazwyczaj polimerowe. Najczęściej stosuje się niejonowy polimer PVP (poliwinylopirolidon). W niektórych przypadkach kompozycje atramentów na podstawie nanocząsteczek metali zawierają różne dodatki, takie jak zwiłzacze oraz promotor adhezji [52].

Nadruk uzyskany za pomocą atramentów na bazie nanocząsteczek srebra (lub innych metali) podlega termicznej obróbce (post print) – spiekaniu w temperaturze około 150-200°C. W trakcie takiej obróbki z nadruku usuwa się rozpuszczalnik i inne dodatki, zwłaszcza polimerowe środki dyspergujące, które izolują cząsteczki srebra, gdyż warunkiem dobrej przewodności nadrukowanego wzoru jest ścisły kontakt pomiędzy cząsteczkami metalu.

W ciągu ostatnich 10-15 lat największe zastosowanie znalazły atramenty na bazie związków metaloorganicznych (MC) na bazie srebra. Takie atramenty posiadają tę zaletę, że nie wymagają termicznego utrwalania nadruku, jednocześnie zmniejszając czas utwardzania do kilku sekund.

Atramenty do nanoszenia metodą drukowania natryskowego również wytwarza się z roztworów polimerów przewodzących, najczęściej z polianiliny lub PEDOT:PSS⁸ oraz z nanomateriałów zdyspergowanych w rozpuszczalnikach, rzadziej

⁸ Poli (3,4-etylenodioksytiofen) sulfonian polistyrenu.

w roztworach żywic polimerowych. Najbardziej popularną grupą atramentów do drukowania natryskowego są atramenty zawierające cząstki metaliczne w skali nano. Przykładem takiego atramentu jest materiał, z którego wykonano elektrody dla elementów czynnych i biernych. Atrament ten zawierał cząstki nanozłota o wielkości 1-3 nm, pokryte nanowarstwą heksanolitu, zawieszone w α -terpineolu. Nanoszony był metodą DOD na podłoże poliamidowe. Spiekanie warstwy następowało w temperaturze 130-140°C [53].

Cząstki nanozłota mogą być także zawieszone w toluenie, co ułatwia dyspersję cząstek metalicznych. Właściwości tego atramentu w temp. 25°C są następujące: lepkość 1,5 mPa·s, napięcie powierzchniowe 28 mN/m, gęstość 1,35 g/cm³. W czasie pracy właściwości atramentu zmieniają się szybko wskutek gwałtownego parowania rozpuszczalnika (zwłaszcza lepkość). Zjawisko to negatywnie wpływa na proces drukowania, bowiem w czasie wystrzeliwania kropli może powstawać membrana na otworze z dyszy, co w konsekwencji może powodować zatykanie się dyszy [53].

Literatura

- [1] Williams C., *Printing Ink Technology*, Pira International, Surrey 2001.
- [2] Tseng F.-G., *Microdropelt Generators. The MEMS Handbook*, Mohamed Gad-el-Hak, Ed., CRS Press LLC, Boca Raton, FL, 2002.
- [3] Kipphan H., *Handbuch der Printmedien*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2001.
- [4] Hakola E., Oittinen P., *Principles of digital printing*, In Oittinen, Saarelma (eds.): *Print Media – Principles, Processes and Quality*, Papermaking Science and Technology, book 13, Second edition, Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy, Helsinki 2009.
- [5] Czajkowski W., *Nowoczesne barwniki dla włókiennictwa*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2006.
- [6] Sokołowska J., *Instrukcja laboratorium. Preparatyka atramentów/tuszy (the preparation of inks) realizowanego w ramach Zadania nr 9 pt. „Doposażenie laboratorium pod nazwą Materiały i nanomateriały polimerowe jako materiały inżynierskie”*, Łódź 2010.
- [7] https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad_koloidalny (dostęp z dnia 20.11.2016).
- [8] http://home.agh.edu.pl/~nmos1/FUK/FChUK-FCUK_Sobczyk.pdf (dostęp z dnia 20.11.2016).
- [9] http://www.bryk.pl/wypracowania/chemia/chemia_nieorganiczna/12847_koloidy.html (dostęp z dnia 20.11.2016).
- [10] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Nanotechnologia> (dostęp z dnia 20.11.2016).
- [11] Benda A.F., *Materiały nanotechnologii w poligrafii. Część 3 Nanolitografia*, Nanotechnologii i materiały nanotechnologii w poligrafii, Moskwa 2015.
- [12] Momin N.H.: *Chitosan and Improved Pigment Ink Jet Printing on Textiles*, A thesis Submitted in Fulfilment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, Textile Technology School of Fashion and Textiles Design and Social Context RMIT University, March 2008.

- [13] Niewodne dyspersje pigmentowe z użyciem synergetyków dyspersji, Gevaert, Mortsel, BE, 2013. Patent PL/EP 2316888.
- [14] Łużny W., Fizyka Miękkiej Materii. Notatki z wykładu, WFiS AGH, Kraków 2007. <http://www.ftj.agh.edu.pl/doc/pl/dyd/fmmwyklad.pdf> (dostęp z dnia 09.08.2015).
- [15] Magdassi S., *The Chemistry of Inkjet Inks*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2010.
- [16] Capsulated Colorant, Method of Preparing the Same, Ink Composition Including the Capsulated Colorant. Samsung Electronics Co., Ltd. (2011). Patent US 20110046295 A1, <http://www.google.com.ar/patents/US20110046295> (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [17] Kamat S., *What you need to know but were afraid to ask! Ink Jet Printing of Textiles*, 2014, file:///C:/Users/XX/Desktop/Nowy%20 folder/Ink%20jet%20printing%20of%20textiles.htm (dostęp z dnia 21.11.2016).
- [18] Ryall H., *An Exploration of Digital Technology over a Number of Manipulated Textile Surfaces*, A thesis submitted to the University Huddersfield in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. School of Art, Design & Architecture University of Huddersfield, 2010, <http://eprints.hud.ac.uk/8798/1/hryallfinalthesis.pdf> (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [19] Edwards J., *Drukowanie ze zmienną wielkością kropli*, „Poligrafika”, nr 4, 2009, ss. 48-50.
- [20] Khadzhynova S., *Cyfrowy druk natryskowy na Drupa 2012*, „Przegląd Papierniczy”, 2012, nr 6, ss. 365-367.
- [21] Landa: White Paper. Der Nanographic Printing-Prozess, Oktober 2014, ss. 6.
- [22] Sublimation inks for thermal inkjet printers using thermally stable dye particles. Hong Kong Applied Science and Technology Research Institute Company Limited, Patent US 20120162332 A1.
- [23] Teodorczyk J., *Technologia i urządzenia do druku transferowego*, „Świat Druku”, nr 1, 2005, http://www.teba.pl/pliki/2005_01.pdf (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [24] Ryall H., *An Exploration of Digital Technology over a Number of Manipulated Textile Surfaces*, A thesis submitted to the University of Huddersfield in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, School of Art, Design & Architecture University of Huddersfield, 2010, <http://eprints.hud.ac.uk/8798/1/hryallfinalthesis.pdf> (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [25] Ricoh/Nashuatec: Inowacje w drukarkach żelowych, <http://www.golem.de/1002/73181.html> (dostęp z dnia 25.11.2016).
- [26] http://druknet.pl/3_drukowanie/12_tehnologia_atramentowa (dostęp z dnia 25.11.2016).
- [27] Phase Change Inks Containing Crystalline Trans-Cinnamic, Xerox (2013), Patent US 20130131226 A1.
- [28] Solid or Phase Change Inks with Improved Properties, Xerox Corporation (2012), Patent US 20120227621 A1.
- [29] Fink J.K., *The Chemistry of Printing Inks and Their Electronics and Medical Applications*, Wiley&Scrivener Publishing, 2014.
- [30] Czichon H., *Natryskowe metody drukowania cyfrowego*, „Przegląd Papierniczy”, nr 7, 2006, ss. 377-381.
- [31] Martin T., *Navigating the Digital Ink Jungle*, SGIA Journal, Third Quarter 2005, ss. 5-11.
- [32] Cholewa B., *Digital printing*, Printers Guide, Newsletter 97, 2014, ss. 15-16.
- [33] https://www.riso.co.jp/english/tech_portal/core/ink.html (dostęp z dnia 11.11.2016).

- [34] <http://atrament-solwentowy.biz.pl/eko-solwent.html> (dostęp z dnia 29.11.2016).
- [35] Khadzhyanova S., *Nowe atramenty w druku natryskowym*, „Przegląd Papierniczy”, nr 4, 2012, ss. 203-206.
- [36] Czichon H., *Farby fotoutwardzalne w różnych technikach drukowania*, „Świat Druku”, nr 12, 2011, ss. 29-32.
- [37] Wszystko o technologii UV. Przewodnik techniczny, „Świat Druku”, część I-VII, nr 6-12, 2005; część VIII-XI, nr 1-4, 2006.
- [38] UV-curable Inks. The Future of Industrial InkJet Printing, https://shop.ndgraphics.com/Products/Media/Docs/UVinks_info.pdf?_hstc=108337501.514756f51aad28a6d-480b0896ec071ba.1407456000521407456000053.1407456000054.1&_hssc=108337501.1.1407456000055&_hsfp=1314462730 (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [39] Kida P., *Druk inkjet atramentami UV – technologia, maszyny, zalety i wady* (2009), <https://www.signs.pl/druk-inkjet-atramentami-uv--technologia,-maszyny,-zalety-i-wady,8407,artykul.html> (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [40] Przyszłość należy do UV. Utwardzanie farb offsetowych, http://www.printernet.pl/pg/pl/content/druk_offsetowy/przyszlosc_nalezy_do_uv.html (dostęp z dnia 13.02.2016).
- [41] Ashby C., Rockley M., Todd J., *New Ultra Violet (UV) Printing Technologies for the Commercial Printer*, Londyn: Heidelberg Graphic Equipment Ltd.
- [42] Czichon H., *Farby i lakiery UV oraz nowe urządzenia do fotoutwardzania*, Część II. „Świat Druku”, 11/2015, ss. 39-41.
- [43] Mondt De R., *Low-Migration. UV-Curable Inkjet Printing Inks for Packaging Applications*, Radtech Report, nr 3, ss. 32-39, 2012.
- [44] file:///C:/Users/XX/Desktop/UV%20Inkjet/UV+EB%20Technology%20_%20UV-Inkjet%20Printing%20on%20Food%20Packaging%20%20State%20of%20the%20Art%20and%20Outlook.htm#. EQuZlyk_cs (dostęp z dnia 04.12.2016).
- [45] <http://imieurope.com/inkjet-blog/2016/1/20/a-new-hybrid-uv-inkjet-ink-technology> (dostęp z dnia 04.12.2016).
- [46] Rho Vetrocer 250, Cyfrowe systemy drukowania do dekoracji szkła i fasad. Broszura firmy Durst, http://www.durst.it/media/Rho_Vetrocer_250-IX201PL.pdf (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [47] Ceramic Inkjet Inks. DIP-TECH LTD (2015), US 20150015638 A1. <http://patents.justia.com/patent/20150015638> (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [48] Ink Jet Ceramic Tile Printing Analysis – 2013. I.T. Strategies, June 2013 http://www.proximusllc.com/uploads/2/8/5/8/2858892/ink_jet_ceramic_tile_printing_analysis_-_2013.pdf (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [49] Dondi M., Blois M., Gardini D., Zanelli C., Zannini P., *Ink technology for digital decoration of ceramic tiles: an overview*, www.qualicer.org (dostęp z dnia 10.09.2015).
- [50] Ink composition for decorating non-porous substrates, Torrecid (2014), S.A., Patent EP 2818523 A1, <http://google.com/patents/EP2818523A1?cl=zh-cn> (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [51] Dondi M., Blois M., Gardini D., Zanelli C., *Ceramic pigments for digital decoration inks: an overview*, cfi/DKG, 89, 2012, E59-E64 http://www.researchgate.net/publication/267764582_Ceramic_pigments_for_digital_decoration_inks_An_overview (dostęp z dnia 10.08.2015).
- [52] Kamysny A., Steinke J., Magdassi S., *Metal-Based Inkjet Inks for Printed Electronics*, The Open Applied Physics Journal, 2011, Vol. 4, ss. 19-36, <http://benthamopen.com/contents/pdf/TOAPJ/TOAPJ-4-19.pdf> (dostęp z dnia 10.08.2015).

- [53] Jakubowska M., *Techniki drukarskie w elektronice. Materiały i technologie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013.
- [54] Bugner D.E, Bermel A.D., *Particle size effects in pigmented inkjet inks*, Recent Progress in Ink Jet Technologies II , 1999, pp. 447-449, <http://www.imaging.org/site/PDFS/Papers/1999/RP-0-92/2068.pdf>
- [55] Ortalano M., *Novel hybrid pigment/dye dispersions*, IST's NIP 16: International Conference on Digital Printing Technologies, 2000, pp. 628-631.

7. PODŁOŻA DRUKOWE

7.1. Podział podłoży drukowych

Podłożem drukowym (ang. *substrate*) nazywa się materiały przeznaczone do zadrukowywania. Są one nośnikiem obrazu wytworzonego za pomocą formy drukowej i farby graficznej lub cyfrowej techniki drukowania. Podłoża drukowe mogą być wykonane z różnych materiałów. Różnią się one właściwościami i kształtem. Na rysunku 7.1 przedstawiono podział podłoży drukowych. Mogą być one stosowane w różnych technikach drukowania [1]. W przypadku drukowania cyfrowego obecnie nie ma już praktycznie ograniczeń w stosowaniu różnych podłoży, w tym i kształtek. Natomiast udział drukowania technikami cyfrowymi poszczególnych podłoży w stosunku do analogowych technik drukowania jest różny od ułamka procenta do kilkudziesięciu procent.

Podłoża drukowe dzieli się ze względu na ich kształt, na:

- płaskie,
- kształtki.

Podłoża płaskie mają dwie powierzchnie o szerokości i wysokości znacznie większej niż grubość. Podłoża płaskie mogą występować w dwóch postaciach – jako podłoża arkuszowe lub/i wstęgowe (zwojowe).

Kształtkami nazywa się formy przestrzenne przeznaczone do zadrukowania. Kształtki są najczęściej formami przestrzennymi opakowań lub atrybutami reklamy.

Podłoża płaskie, ze względu na ich sztywność, dzieli się na:

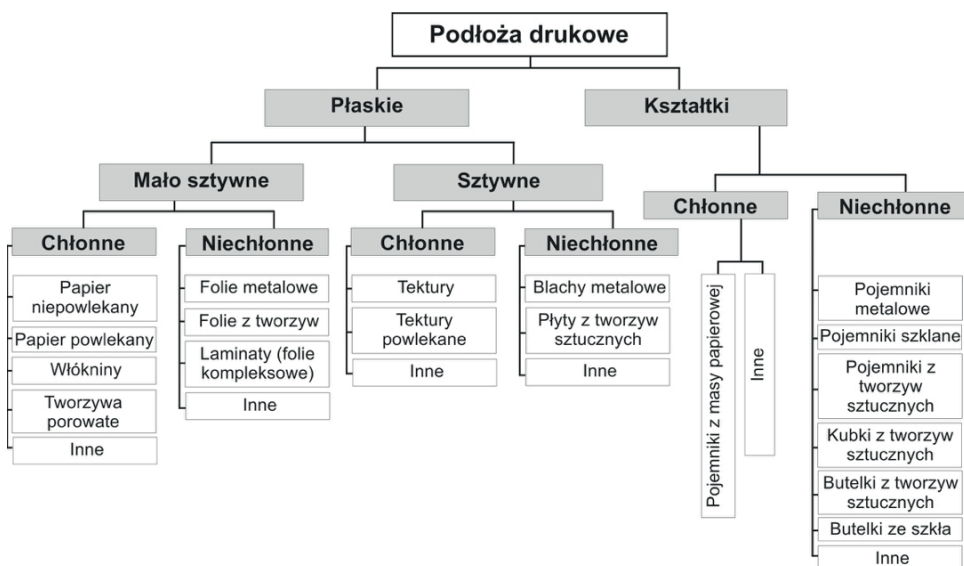
- podłoża o małej sztywności (papier, folie z tworzyw sztucznych, folie aluminiowe itp.),
- podłoża o dużej sztywności (tektury wielowarstwowe i laminowane, tektury faliste, płyty z tworzyw sztucznych, blachy stalowe, blachy aluminiowe itp.).

Podłoża płaskie o dużej sztywności występują w procesie drukowania wyłącznie w postaci arkuszy.

Podłoża płaskie, ze względu na stosowane do ich wyrobu materiały, dzieli się na:

- produkty papierowe,
- papiery syntetyczne,
- folie z tworzyw sztucznych,

- folie aluminiowe,
- folie kompleksowe (laminaty foliowe),
- płyty i arkusze z tworzyw sztucznych,
- blachy, itp.



Rys. 7.1. Podział podłoży drukowych
Źródło: opracowanie własne.

Kształtki to formy przestrzenne przeznaczone do drukowania. Najczęściej są to: butelki z tworzyw sztucznych i szkła, tuby, kubki i pojemniki z tworzyw sztucznych oraz metalowe puszkę napojowe. Do kształtek są zaliczane także kasety magnetofonowe, długopisy, zapalniczki itp., a także pojemniki wykonane z masy papierowej.

Ze względu na chłonność farby drukowej podłoża dzieli się na:

- chłonne (produkty papierowe, papiery syntetyczne o budowie włóknistej, włókniny, tworzywa porowate itp.),
- niechłonne (folie z tworzyw sztucznych, folie aluminiowe, płyty z tworzyw sztucznych, blachy oraz kształtki z tworzyw sztucznych, metalu, szkła itp.).

Postać podłoża drukowego przeznaczonego do produkcji opakowań narzuca konieczność stosowania maszyn o określonej konstrukcji. W przypadku podłoży płaskich są to maszyny arkuszowe lub zwojowe. Kształtki wymagają specjalnych konstrukcji maszyn przeznaczonych do zadrukowywania określonego kształtu (określonej formy przestrzennej).

W przypadku podłoży do drukowania cyfrowego, ich charakterystykę najlepiej przedstawić w podziale na podłoża płaskie i kształtki z uwzględnieniem stosowanych materiałów do ich produkcji.

Przedstawiony na rys. 7.1 podział podłoży drukowych jest podziałem typowo technicznym – w przypadku drukowania natryskowego, szczególnie wielkoformatowego, stosowany jest inny podział, typowo marketingowy, opisujący zadrukowywane nośniki reklamowe. Podział ten nie jest do końca spójny, także kryteria klasyfikacyjne nie są do końca zdefiniowane. Niemniej, posługując się różnymi podziałami literaturowymi [2-5], można przedstawić zarys tego podziału.

W druku wielkoformatowym wyróżniamy takie nośniki reklamy, jak: banery, billboardy, backlighty (podświetlane billboardy), citylighty, dekoracje, displaye sklepowe, flagi, grafiki okienne, grafiki podłogowe, grafiki samochodowe, mega billboardy, plandeki, podkładki pod mysz, POS, potykacze, produkty dmuchane, rollupy, standy, siatki mesh, ścianki ekspozycyjne itp. Nośniki te zostaną omówione po charakterystyce papierowych podłoży do natryskowego drukowania wielkoformatowego.

7.2. Podłoża płaskie papierowe

Płaskie podłoża papierowe stanowią bardzo szeroką gamę produktów – od papierów i tektur niepowlekanych i powlekanych, poprzez wielowarstwowe tektury i laminowanie tektury powlekane i niepowlekane, do tektur falistych. Całkowicie osobną kategorię stanowią papiery syntetyczne, którym zostanie poświęcony oddzielny podrozdział.

Producenci maszyn dysponują zwykle listą papierów, które uzyskały certyfikat zgodności danych podłoży z maszyną. Listy te są otwarte i dopisywane są do nich kolejne pozycje. Procedura akceptacji podłoża jest taka, że producent papieru wysyła wymaganą jego ilość do producenta maszyn. Na podstawie próbek podłoża dokonywane są testy, których pomyślne zakończenie sprawia, że dany papier zostaje zaakceptowany jako materiał, który można stosować w danym urządzeniu.

Problem papierów do drukowania cyfrowego został rozwiązany krótko przed rokiem 2000 i przedstawiony na międzynarodowych targach przemysłu poligraficznego drupa 2000 [6, 7]. Na targach tych eksponowano dużą liczbę papierów specjalnie wyprodukowanych do drukowania cyfrowego daną techniką i najczęściej z uwzględnieniem konkretnej maszyny.

Oferentami tych papierów byli producenci maszyn i urządzeń do drukowania cyfrowego. Papiery były oferowane pod ich własną marką handlową. Fakt ten na wstępie podrażał papier i uniemożliwiał uzyskanie go bezpośrednio od producenta. Przeważała w tym przypadku tendencja do produkowania papierów specjalnie produkowanych do drukowania cyfrowego i najczęściej dla konkretnej maszyny lub grupy maszyn. Są to tak zwane papiery dedykowane, tj. produkowane specjalnie do drukowania cyfrowego. Jednocześnie z ich produkcją wprowadzono systemy kwalifikowania papierów znajdujących się na rynku, które są możliwe do stosowania w maszynach cyfrowych.

Praktycznie każdy z producentów oryginalnych maszyn cyfrowych posiada własny system kwalifikacyjny dla danej techniki cyfrowej. Papiery, które uzyskały certyfikat, sklasyfikowano w dwóch grupach [8]:

- zakwalifikowane papiery do drukowania cyfrowego,
- autoryzowane papiery do drukowania cyfrowego.

Zakwalifikowane papiery – są papierami, w przypadku których producent maszyn gwarantuje możliwość ich zadrukowania w swoich systemach druku cyfrowego oraz w innych systemach typu OEM⁹. Gwarantowane jest bezpieczeństwo podczas ich użytkowania (np. nietoksyczność), stabilność procesu i określony poziom, jakości odbitki.

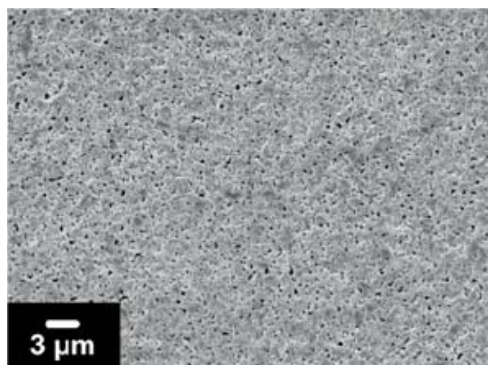
Autoryzowane papiery – są papierami, w przypadku których producent maszyn gwarantuje możliwość zadrukowania w swoich systemach druku cyfrowego oraz w systemach typu OEM, ale bez gwarancji jakości druku i stabilności procesu.

W chwili obecnej znaczenie przemysłowe mają różne odmiany dwóch technik drukowania cyfrowego, a mianowicie techniki elektrofotograficznej i natryskowej (ink-jet).

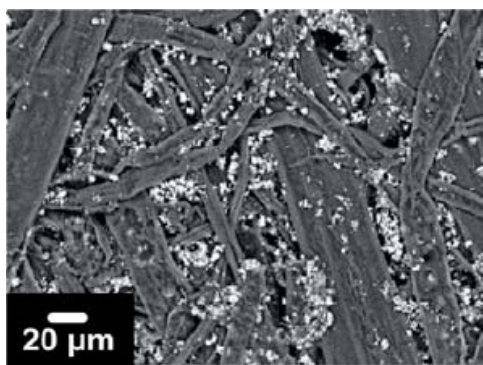
Podłoża płaskie stosowane do drukowania cyfrowego muszą być rozpatrywane w trzech grupach: podłoża do drukowania przemysłowego, podłoża do drukowania wielkoformatowego oraz podłoża do cyfrowych drukarek biurowych. Każda z tych grup charakteryzuje się swoimi specyficznymi właściwościami.

Na rys. 7.2. przedstawiono zdjęcia powierzchni różnych rodzajów papierów stosowanych w drukowaniu natryskowym wykonane za pomocą mikroskopu skaningowego (SEM).

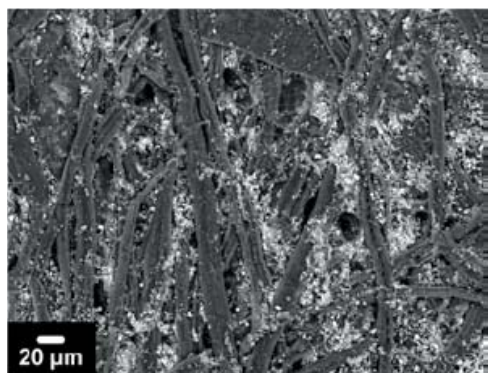
⁹ OEM – skrót od *Original Equipment Manufacturer* (dosłownie Oryginalny Producent Sprzętu) – organizacja sprzedająca pod własną marką produkty wytworzone przez inne firmy. Termin jest mylący, gdyż OEM nie jest wytwórcą, lecz sprzedawcą sprzętu dla użytkownika końcowego.



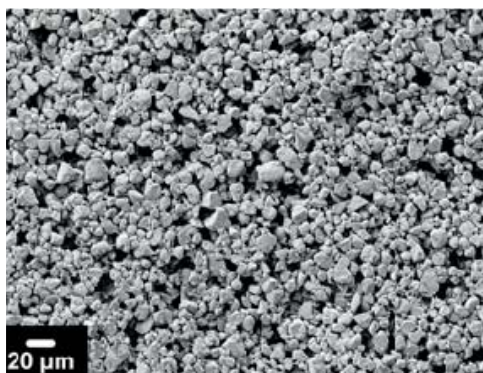
Papier powlekany do drukowania
offsetowego



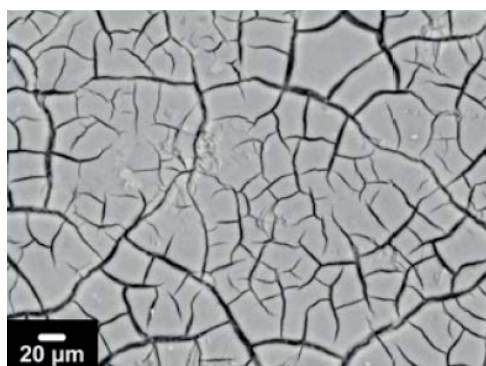
Uniwersalny papier niepowlekany
przeznaczony do prac biurowych



Pigmentowany papier do drukowania
natryskowego



Uniwersalny papier niepowlekany
drukowania natryskowego



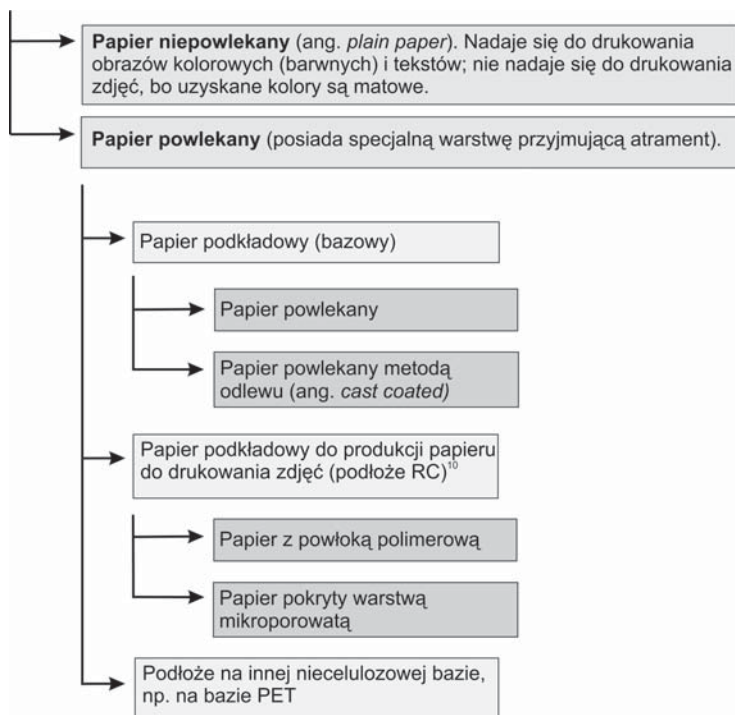
Papier do drukowania natryskowego
o fotograficznej jakości obrazu

Rys. 7.2. Różna jakość powierzchni papieru stosowanego do drukowania natryskowego
Źródło: Svanholm E., *Printability and Ink-Coating in Inkjet Printing, Dissertation, Karstand University Studies 2007, ss. 23-24.*

Bez względu na grupę zastosowań (tj. drukowanie przemysłowe, drukowanie wielkoformatowe czy też drukowanie biurowe) podłoża papierowe stosowane do zadrukowywania w drukowaniu natryskowym są dzielone na [9]:

Papier stosowany w drukowaniu natryskowym

Pojęcie „papier” użyte w poniżej przedstawionym schemacie dotyczy także tektur wielowarstwowych, litych oraz falistych. W przypadku tektur opis odnosi się do ich warstw wierzchnich lub/i powłok.



Rys. 7.3. Schemat podziału podłogi płaskich papierowych

Źródło: <http://www.frubo.com/images/pdf/Types of Inkjetpaper-Overview.pdf>
(dostęp z dnia 26.12.2016).

Papiery niepowlekane

Papiery niepowlekane zalecane do drukowania natryskowego to najczęściej tzw. papiery uniwersalne do prac biurowych. Można na nich uzyskać dobrej jakości nieskomplikowane druki. Nie można uzyskać na nich druków fotografii barwnej. Podobnie jakości druki można uzyskać na pewnej grupie papierów analogowych, tj. offsetowych niepowlekanych oraz powlekanych przeznaczonych do drukowania

¹⁰ Podłoże – RC oznacza bazowy papier celulozowy, który jest pokryty polimerem (np. PE) lub żywicą. Jest to rodzaj fundamentu pod kolejne powłoki, w tym mikroporową lub nanooporową. Jest to często ta sama baza, która jest stosowana przy produkcji papierów fotograficznych powlekanych halogenkami srebra.

offsetowego. Należy jednak tak je dobrać, aby miały określone wartości następujących parametrów, takich jak absorpcja wody $Cobb_{60}$, szorstkość PPS_{10} oraz odpowiednią gramaturę, przy zachowaniu właściwego gamutu barw. Stosowne przedziały tych wartości są zawarte w rozprawie doktorskiej K.T. Piłczyńskiej [10] oraz w publikacji zamieszczonej w czasopiśmie „Acta Poligraphica” [11].

Atrament w papierach niepowlekanych wsiąka na różną głębokość tworząc różny kształt kropli na powierzchni.



Rys. 7.4. Kształt i charakter kropli atramentu w drukowaniu natryskowym w zależności od rodzaju papieru
Źródło: opracowanie własne.

W przypadku papierów powlekanych produkowanych specjalnie dla techniki natryskowej jakość otrzymanej odbitki, w tym ostrość obrazu kropli i głębokość jej wsiąkania, zależy od rodzaju powłoki, w którą został wyposażony dany papier.

W tym przypadku najczęściej wyróżnia się papier powlekany tradycyjną kilkukrotną powłoką, papier powlekany metodą odlewu (ang. *cast coated*) oraz dwa papiery drukowania zdjęć fotograficznych: papier powlekany żywicą lub polimerami oraz papier porowaty z nano- i mikroporami.

Papiery powlekane

W ramach papierów powlekanych, **produkowanych specjalnie** do drukowania natryskowego, należy wyróżnić cztery podstawowe ich rodzaje:

- papier powlekany tradycyjnie,
- papier powlekany metodą odlewu,
- papier powlekany warstwą polimerową,
- papier z powłoką mikroporowatą.

Każdy z powyższych rodzajów ma swoje specyficzne zastosowanie.

Papier powlekany (tradycyjnie)

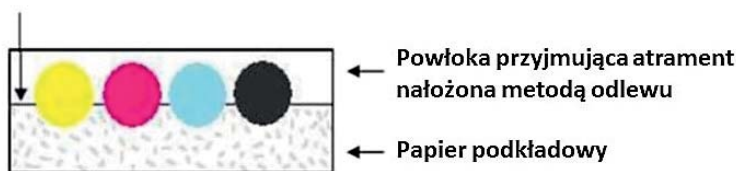
Papier powlekany kilkukrotną (dwu lub wielokrotną) powłoką produkowany jest specjalnie (papiery zakwalifikowane lub dedykowane) do drukowania natryskowego. Atrament, w przypadku tych papierów, wnika tylko w warstwę powłoki. Głębokość wnikania i obrazy kształtów kropli na powierzchni są różne (vide rys. 7.4). Na tego rodzaju papierze można praktycznie otrzymać druki wysokiej jakości w przypadku druko-

wania wielobarwnego (wielokolorowego) obrazów o średnim stopniu trudności. Oczywiście, tego typu papiery nie nadają się do drukowania fotografii wielobarwnych oraz druków, od których wymagamy połysku.

Papier powlekany metodą odlewu

Ten rodzaj powłoki jest uzyskiwany w specjalnym procesie powlekania. Powłoka, dzięki kontaktowi z ciepłym polerowanym cylindrem chromowym, uzyskuje połysk lustrzany. W zależności od sposobu powlekania, otrzymuje się powłoki z wysokim lustrzanym połyskiem o różnej chłonności atramentu – od chłonnych do praktycznie niechłonnych. W związku z powyższym jest konieczny dobór tuszów od wsiąkliwych (wodne, rozpuszczalnikowe) do praktycznie niewsiąkających, utwardzanych promieniowaniem UV.

Na rys. 7.5. przedstawiono schematycznie wsiąkanie farb rozpuszczalnikowych lub/i wodnych w papier z chłonną powłoką uzyskaną metodą odlewu.



Rys. 7.5. Schemat wchłaniania atramentów rozpuszczalnikowych lub wodnych w chłonną powłokę otrzymywaną metodą odlewu

Źródło: <http://www.frubo.com/images/pdf/Types of Inkjetpaper-Overview.pdf>
(dostęp z dnia 26.12.2016).

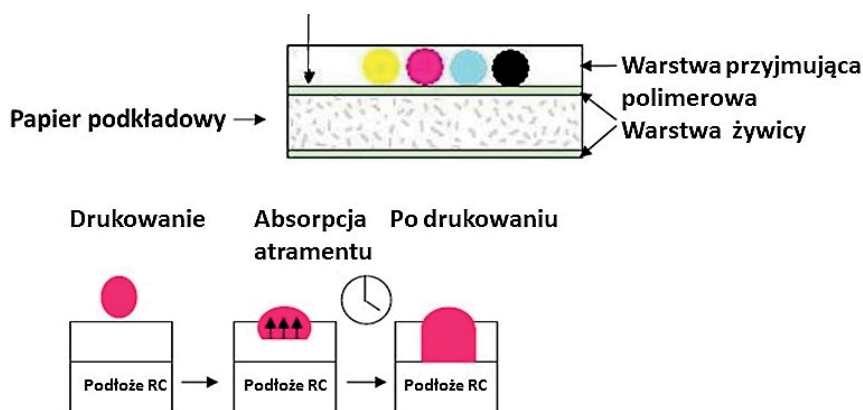
Z przedstawionego schematu wynika, że atramenty wsiąkając w głąb papieru podkładowego na różne głębokości dają różne powierzchnie kropel na powierzchni. Zarówno powierzchnia tego typu papieru, jak i druk uzyskany na nim, charakteryzują się wysokim połyskiem. W dalszym ciągu tego typu papiery nie zabezpieczają możliwości wydrukowania jakościowych odbitek barwnych.

Papier z pokryciem polimerowym

Papier ten, zwany również papierem z pęczniącą powłoką, jest jednym z dwóch rodzajów papierów produkowanych specjalnie do drukowania wielobarwnych zdjęć fotograficznych.

Tego rodzaju papiery charakteryzują się tym, że ich polimerowa powłoka pęcznieje po pewnym czasie od zaabsorbowanego atramentu. Otrzymuje się w ten sposób wypukły obraz kropli atramentu. Kropla jest absorbowana przez całą powłokę polimerową aż do warstwy żywicy. Papiery te nadają się tylko do drukowania

atramentami na bazie barwników. Atramenty na bazie pigmentów nie są całkowicie absorbowane. Papiery powlekane pęczniejącymi powłokami stosowane są do drukowania wielobarwnych zdjęć fotograficznych atramentami barwnikowymi. Odbitki mają jednak niską światłotrwałość. Papier ten jest znacznie tańszy od drugiego typu papieru, przeznaczonego do drukowania wielobarwnych zdjęć fotograficznych, zbudowanego z nano- lub mikroporowatej powłoki.



Rys. 7.6. Schemat powstawania obrazu na powierzchni papieru z puchnącą powłoką polimerową

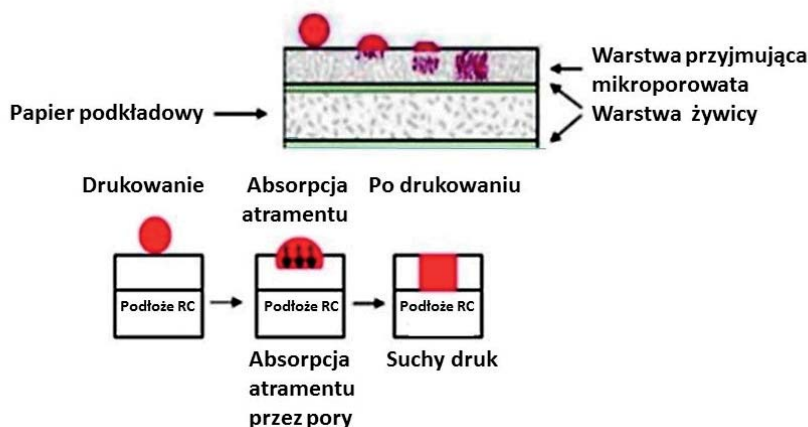
Źródło: <http://www.frubo.com/images/pdf/Types of Inkjetpaper-Overview.pdf> (dostęp z dnia 26.12.2016).

Papier pokryty warstwą mikroporowatą (nanoporowatą)

W ten sposób określany jest papier produkowany specjalnie do drukowania wielobarwnych zdjęć fotograficznych. Termin ten charakteryzuje rodzaj powłoki, która jest stosowana do jego produkcji.

Określenie mikroporowate (nanoporowate) odnosi się do mikro lub/i nanorurek, które tworzą w powłoce mikro lub nanopory, które są jeszcze wystarczająco duże, aby wchłoniąć selektywnie atrament w powłokę papieru. Z zasady jest to absorbujący suszący żel krzemionkowy. Pojawiają się także informacje o zastosowaniu „nanorurek z krzemionki lub TiO_2 ” [12]. Podłożem do naniesienia porowatych struktur jest papier bazowy typu RC. Powierzchnie porowate tego typu papierów przyjmują bardzo dobrze zarówno atramenty barwnikowe, jak i pigmentowe. Produkowane są papiery o porowatej strukturze, mające różny stopień połysku (o wysokim połysku, o połysku jedwabistym oraz o powierzchni półmatowej).

Na rys. 7.7. przedstawiono schemat utrwalania się atramentu na powierzchni papierów mikro- i manoporowatych.



Rys. 7.7. Schemat powstawania obrazu na powierzchni papieru z pokryciem nano- lub mikroporowatym

Źródło: <http://www.frubo.com/images/pdf/Types of Inkjetpaper-Overview.pdf> (dostęp z dnia 26.12.2016).

Podłoża powlekane na innej bazie np. PET

Są to powlekane podłoża, będące różnymi foliami, takimi jak PET, PE czy też PVC. Są one najczęściej stosowane do drukowania natryskowego wielkoformatowego. W związku z powyższym zostaną scharakteryzowane łącznie z podłożami do drukowania wielkoformatowego.

7.3. Podłoża stosowane w przemysłowym drukowaniu natryskowym (ink-jet)

Przemysłowe drukowanie cyfrowe natryskowe ma obecnie wszechstronne zastosowanie. Jest to najszersze wykorzystanie możliwości drukowania ze wszystkich technik, tak analogowych, jak i cyfrowych. Swym zakresem stosowania przypomina analogową technikę drukowania sitowego. Jest ono stosowane obecnie do drukowania podłoży płaskich i kształtek, w zasadzie bez ograniczenia materiałów i kształtów służących do ich wykonania (od drewna, szkła, metalu, poprzez produkty papierowe, do tworzyw sztucznych). Głowice drukujące techniką natryskową są stosowane także do znakowania wielu różnych przedmiotów, w tym i opakowań oraz ostatnio nawet taflí lodowych [13] oraz wody i kawy. W przemysłowym drukowaniu natryskowym stosowane są praktycznie wszystkie typy papierów, które zostały przedstawione na rys. 7.3. Papiery te są stosowane zarówno w postaci arkuszowej, jak i zwojowej. Do drukowania natryskowego stosowane są także papiery specjalnego przeznaczenia, np. do produkcji drukowanej elektroniki.

7.3.1. Podłoża płaskie papierowe

Do drukowania cyfrowego natryskowego (ink-jet) papier, poza ogólnymi wymaganiami, musi spełniać wymagania szczegółowe, wynikające ze stosowanej techniki oraz wymagania narzucone przez stosowane maszyny. Według danych podawanych przez koncern UPM [14], papier stosowany do drukowania natryskowego musi charakteryzować się odpowiednią absorpcją stosowanego atramentu (farby), odpowiednią reprodukcją barwy (odpowiednim gamutem barwy), niską skłonnością do kurczenia się (skurczu) oraz wodotrwałością.

Drukowanie natryskowe (ink-jet) jest w chwili obecnej powszechnie stosowane w urządzeniach biurowych, tak monochromatycznych, jak i wielobarwnych oraz w monochromatycznych i wielobarwnych urządzeniach stosowanych do drukowania przemysłowego i wielkoformatowego. W tych trzech rodzajach maszyn i urządzeń drukujących natryskowo najczęściej stosowanym podłożem drukowym jest papier. Do urządzeń biurowych najczęściej stosowany jest wysokiej lub średniej klasy jakościowej papier ogólnego stosowania w pracach biurowych. Wyjątek stanowi chęć drukowania na urządzeniach biurowych zdjęć wielobarwnych, do których niezbędny jest specjalny do tego celu papier.

W przypadku technologii drukowania cyfrowego metodą natryskiwania farby ink-jet stosowane są specjalne papiery. Muszą one być przede wszystkim odporne na działanie powszechnie stosowanych przy tej technice drukowania farb wodnych. Dlatego też możliwości stosowania zwykłych papierów są mocno ograniczone. Nie można stosować na przykład papierów o niskich gramaturach (do 135 g/m²), chociaż i tak w przypadku stosowania farb wodnych zaleca się stosowanie papierów wodotrwałych.

W technice drukowania natryskowego stosowane są głównie farby ciekłe, w których zawartość cieczy wynosi od 50 do 90%. W związku z tym papiery przeznaczone dla tej techniki muszą spełniać specyficzne wymagania odnośnie do zdolności absorpcyjnych i właściwości powierzchni. Istotne znaczenie mają w tym przypadku skład włóknisty i budowa papieru oraz wielkość i kształt porów. Atrament w technice natryskowej musi pozostać na powierzchni papieru, nie może wnikać głęboko w papier.

Stan papieru, a przede wszystkim jego powierzchni, ma znaczący wpływ na jakość uzyskanych odbitek. Jeśli odbitki są wielobarwne, jakość papieru staje się jeszcze bardziej istotna, ponieważ będzie on zmuszony przyjąć kilka warstw farby. Dodatkowym czynnikiem jest czas, gdyż proces drukowania odbywa się z dużą prędkością. Na papierze zatem będzie musiała ulec utrwaleniu ogromna liczba mikrokropli farby o barwach podstawowych, które mogą się mieszać tylko

w takim w stopniu, jaki jest wymagany do otrzymania barw pochodnych. Dlatego też chłonność papieru musi być odpowiednio dostosowana do rodzajów atramentów stosowanych w technologii ink-jet. Chłonność nie może być ani za duża, ani za mała, lecz taka, aby pozwoliła na uzyskanie wysokiej jakości wielobarwnego obrazu na odbitce.

Kropla, która padnie na powierzchnię papieru, musi schnąć szybko, aby nie rozprzestrzeniała się (rozpływała) na sąsiednie włókna papieru, na które nie padła. Przyjmuje się, że czas schnięcia kropli nie powinien przekroczyć trzech sekund. Natychmiastowe zaabsorbowanie farby przez podłoże też nie jest pożądane. Ten krótki czas od chwili naniesienia na podłoże papierowe kropli farby do momentu jej wyschnięcia pozwala na powstanie kolorów drugo- i trzeciorzędowych w wyniku połączenia barw pierwszorzędowych. W przypadku, kiedy farba jednak „wędruje” wzdłuż włókien papierowego podłoża, możemy zaobserwować pogorszenie jakości obrazu na odbitce. Obniża się rozdzielczość, pogarsza się ostrość obrazu. W celu przyspieszenia absorpcji farby, podłoża mogą posiadać specjalne powłoki. Zastosowanie takiej powłoki umożliwia otrzymanie obrazu o wysokiej ostrości i doskonałej gęstości optycznej. Dlatego też często papiery przeznaczone do zadrukowania metodą ink-jet są powlekane specjalnymi mieszkankami pigmentowo-klejowymi lub specjalnymi podkładami, zwanymi także primerami.

Niektóre urządzenia (np. firmy Canon) natryskują na zwykły papier specjalny podkład (Ink Optimizer P-POP), który zabezpiecza powierzchnię papieru przed rozlewaniem się na niej atramentu. Jednakże właściwości chłonne i sorpcyjne powierzchni papieru muszą być ściśle dostosowane do systemu nanoszenia atramentu przez głowicę drukującą [15].

Na podobnej zasadzie są zadrukowywane praktycznie wszystkie papiery niepowlekane na maszynach HP serii T. Osiągają one dobre parametry druku na maszynach HP serii T, jeżeli są produkowane z zastosowaniem technologii ColorPro opracowanej przez HP lub są w maszynie drukującej traktowane powierzchniowo środkiem wiążącym np. bondit agent firmy HP. Technologia ColorPro jest bardziej ekonomiczna i zapewnia lepszą jakość wydruku niż zastosowanie w maszynie środka wiążącego dla średniego i wysokiego stopnia pokrycia farbą [16, 17].

Farba reagująca z wiążącym środkiem pozostaje blisko powierzchni papieru. Daje to znakomitą jakość druku i żywe kolory. Rysunki 7.8 i 7.9 przedstawiają przekrój poprzeczny zadrukowanego papieru czarną farbą bez i ze środkiem wiążącym ColorPro. Bez zastosowania środka wiążącego, farba przenika w głąb struktury papieru, co powoduje obniżenie jakości druku i gęstości optycznej (rys. 7.8). W przypadku papieru z technologią ColorPro, farba pozostaje blisko powierzchni papieru, co podwyższa jakość druku i daje żywe barwy (rys. 7.9). Porównanie jakości odbitek wydrukowanych na zwykłym papierze oraz na papierze wykonanym w technologii ColorPro wygląda tak, jak na rysunku 7.11, przy technologii ColorLok [16, 17, 18].



Rys. 7.8. Przekrój poprzeczny papieru bez technologii ColorPro

Źródło: Graczyk T., *Bardzo szybki druk zwojowy inkjet, Przegląd Papierniczy*, nr 4, 2013, ss. 217-221.



Rys. 7.9. Przekrój poprzeczny papieru z technologią ColorPro

Źródło: Graczyk T., 2013. *Bardzo szybki druk zwojowy inkjet, Przegląd Papierniczy*, nr 4, 2013, ss. 217-221.

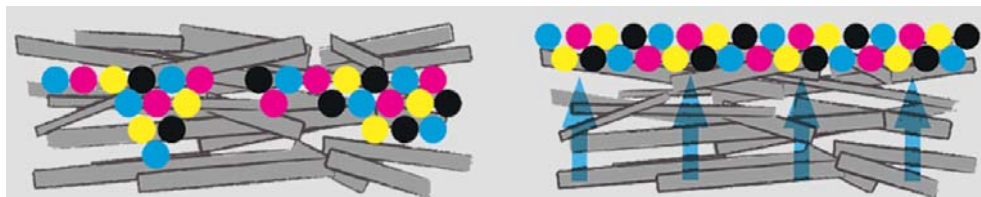
Obróbka przygotowawcza papieru w maszynie drukującej jest procesem dwuetapowym:

1. Środek wiążący jest nakładany przed właściwym drukiem natryskowym,
2. Farby CMYK nanoszone są w miejscach, gdzie został nałożony środek wiążący i następnie reagują z nim [16].

Stosowane są dwa sposoby nakładania środka wiążącego na maszynie – selektywny natrysk środka wiążącego w miejscach drukowania i pełne pokrycie powierzchni drukowanego arkusza. W pierwszym przypadku środek wiążący nakładany jest dokładnie w miejscach, które mają być zadrukowane. Takie rozwiązanie znajduje się w maszynach HP serii T. W drugim przypadku zastosowany jest wałek nakładający lub dysza rozpylająca. „W maszynie FujiFilm Jet Press 720 zastosowano wałek nakładający środek wiążący na powlekane papiery offsetowe zadrukowywane atramentami wodnymi, a w maszynie FujiFilm Jet Press F środek wiążący nakładany wałkiem pomaga związać wodne atramenty sieciowane promieniami UV” [16, 19].

Oprócz powłok (primerów) mamy także inne technologie, takie jak np. ColorLok, które umożliwiają uzyskanie lepszych jakościowo wydruków. Technologia ColorLok jest innowacją opracowaną wspólnie przez firmy International Paper oraz Hewlett-Packard, pozwalającą na uzyskanie lepszych rezultatów podczas drukowania. Technologia ta polega na tym, że podczas produkcji papieru dodaje się do masy papierniczej środek ColorLok. Dodatek ten nadaje papierowi takie właściwości, że wchodząc w interakcje z cząstkami pigmentu, zatrzymuje je na powierzchni, a woda zawarta w farbie przechodzi w głąb podłoża. Na poniższym rysunku przedstawiono przyjmowanie farby przez zwykły papier oraz papier wyprodukowany w technologii

ColorLok. Jak wynika z rysunku zwykły papier wchłania w głąb swojej struktury spoiwo farby, jak i też pigment, natomiast papier ColorLok zatrzymuje pigment na powierzchni papieru, a spoiwo wchłania [20].



Rys. 7.10. Porównanie przyjmowania farby zwykłego papieru z lewej strony z papierem wykonanym w technologii ColorLok z prawej strony

Źródło: www.clorlok.com, *Technologia ColorLok* (dostęp z dnia 05.06.2015).

Papiery wytworzone w technologii ColorLok nadają odbitkom lepszych właściwości:

- Wyraźniejszy druk:
do 16% wyraźniejszy druk, zapewniający wyjątkową ostrość. Zastosowanie technologii ColorLok zapobiega nadmiernemu wsiąkaniu czarnego pigmentu w powierzchnię papieru, co pozwala uzyskać bardziej wyraźny tekst oraz większy kontrast pomiędzy czernią i bielą.
- Intensywne kolory:
do 25% bardziej intensywne kolory, gwarantujące uzyskanie bardziej realistycznych obrazów. Tak jak w przypadku czarnego pigmentu, zastosowanie technologii ColorLok zapobiega nadmiernemu wchłanianiu kolorowych tuszy, dzięki czemu kolory są bardziej intensywne i nasycone.
- Krótszy czas wysychania:
do 2,5 razy szybsze wysychanie farby, pozwalające zmniejszyć rozmazywanie. Krótszy czas wysychania pozwala na szybszą dalszą obróbkę zadrukowanych arkuszy przy zmniejszonym ryzyku rozmazania farby [21].

Na poniższym rysunku zaprezentowane zostało porównanie jakościowe odbitek wydrukowanych na papierze zwykłym oraz papierze ColorLok. Powyższe porównanie potwierdza wyżej wymienione właściwości, tj. lepszą, głębszą czerń, jak i kolory, a także nierozmazywanie się farby po wydruku [20].

Praktycznie każdy z producentów maszyn natryskowych (ink-jet) sprzedaje papiery do swych urządzeń pod nazwami własnymi (swoimi), notabene sam ich nie produkując.



Rys. 7.11. Porównanie jakościowe odbitek wydrukowanych na zwykłym papierze z lewej strony oraz na papierze wykonanym w technologii ColorLok z prawej strony
 Źródło: www.vytiskni.cz, Technologia ColorLok (dostęp z dnia 21.07.2015).

Papiery przystosowane są do systemów, w jakich pracują maszyny natryskowe. Do maszyn natryskowych stosujących farby wodne w systemach termicznych oraz piezoelektrycznych najczęściej stosowanych jest sześć różnych rodzajów papierów. Papiery te najczęściej występują pod ogólnymi nazwami – *Matt*, *Semigloss*, *Gloss*, *Photogloss*, *Photomatt*, *Water Resistant* (wodotrwały):

- *Matt* i *Semigloss* produkowane są w gramaturach 140 i 170 g/m²,
- *Photogloss* i *Photomatt* w gramaturze 200 g/m²,
- *Water Resistant* w gramaturze 140 g/m².

Papiery przeznaczone do drukowania farbami rozpuszczalnikowymi (tzw. *solvent*) oraz do farb stałych (stopione woski) mają z reguły inny zakres gramatur – od 90 do 180 g/m². Różnią się one białością i połyskiem. Poza tym są przeznaczone do drukowania jedno- lub dwustronnego.

Współczesny rynek, który wykazuje coraz większe zapotrzebowanie na druki niskonakładowe, sprawia, że liczba zainstalowanych maszyn do drukowania cyfrowego stale rośnie. W związku z tym musiały pojawić się również odpowiednie jakości papiery drukowe. Było to tym ważniejsze, że poprawiająca się ciągle jakość drukowania cyfrowego wymusza stosowanie podłoży o coraz lepszych właściwościach. W przeciwnym wypadku otrzymane odbitki mogą być np. nieostre lub posiadać niedostateczną trwałość.

W początkowym okresie stosowania drukowania cyfrowego przystosowywano do niego (dobierano po próbach) papiery produkowane (przeznaczone) do innych technik drukowania. Następnie rozpoczęto produkcję specjalnych papierów **dedykowanych (produkowanych)** do konkretnej techniki cyfrowej oraz wprowadzono systemy kwalifikowania papierów znajdujących się na rynku, które są możliwe do stosowania w maszynach cyfrowych. Po pomyślnym przejściu procedury kwalifikacyjnej, papiery uzyskiwały certyfikaty do stosowania jako podłoża do drukowania cyfrowego.

Obecnie następuje powrót do korzeni, czyli staramy się dobrać odpowiedni papier analogowy do drukowania natryskowego. O możliwości zastosowania papieru analogowego do drukowania natryskowego będzie decydował rodzaj zastosowanego drukowania natryskowego, rodzaj użytych atramentów (farb) i wymagana jakość druku. Na pierwszy rzut oka widać, że nie da się zastosować innego papieru do drukowania natryskowego wielobarwnych zdjęć fotograficznych niż specjalnie **do tego celu produkowanego (dedykowanego) papieru**.

Krótką charakterystyką wymagań stawianych papierom używanym w drukowaniu natryskowym została przedstawiona poniżej [23].

Wymagania wobec papierów przeznaczonych do drukowania natryskowego są determinowane przez cztery główne czynniki: jakość druku (a w zasadzie jego rozdzielczość), rodzaj stosowanego atramentu (farby), charakter powierzchni i chłonność zadrukowywanego papieru.

Rozdzielczość uzyskiwanych obrazów w drukowaniu natryskowym zamyka się najczęściej w przedziale 360-720 dpi.

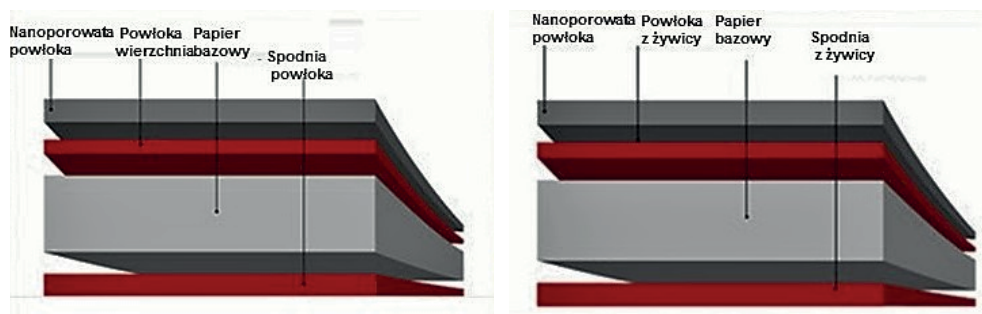
Ze względu na to, że w technice drukowania natryskowego stosowane są przeważnie farby ciekłe, w których zawartość cieczy wynosi od 50 do 90%, papiery przeznaczone dla tej techniki muszą spełniać specyficzne wymagania odnośnie zdolności absorpcyjnych i właściwości powierzchni. Istotne znaczenie mają skład włóknisty i budowa papieru, a przede wszystkim stan jego powierzchni. Farba w technice natryskowej musi pozostać na powierzchni papieru, nie może wnikać głęboko w papier. W przypadku odbitek wielobarwnych, jakość papieru staje się jeszcze bardziej istotna, ponieważ będzie on zmuszony przyjąć kilka warstw farby. Dodatkowym czynnikiem jest czas, gdyż proces drukowania odbywa się z dużą prędkością. Na papierze zatem będzie musiała ulec utrwaleniu ogromna liczba mikrokropelek farby o barwach podstawowych, które mogą się mieszać tylko w takim w stopniu, jaki jest wymagany do otrzymania barw pochodnych. Dlatego też chłonność papieru musi być odpowiednio dostosowana do rodzajów farb wykorzystywanych w technologii natryskowej. Chłonność nie może być ani za duża, ani za mała, lecz taka,

aby pozwoliła na uzyskanie wysokiej jakości wielobarwnego obrazu na odbitce. Oprócz tego, stosowane papiery powinny charakteryzować się odpornością na działanie wody, ponieważ atramenty wodne są bardzo rozpowszechnione, co ogranicza możliwości stosowania zwykłych papierów w przypadku używania tego rodzaju atramentów.

Ostatnio na rynku pojawiły się **ulepszone papiery samokopiujące do natryskowego drukowania nakładowego**. Papiery te produkowane są przez firmę Mitsubishi Hitec Paper Europe, prowadzącą działalność w Niemczech. Są to następujące papiery [24]:

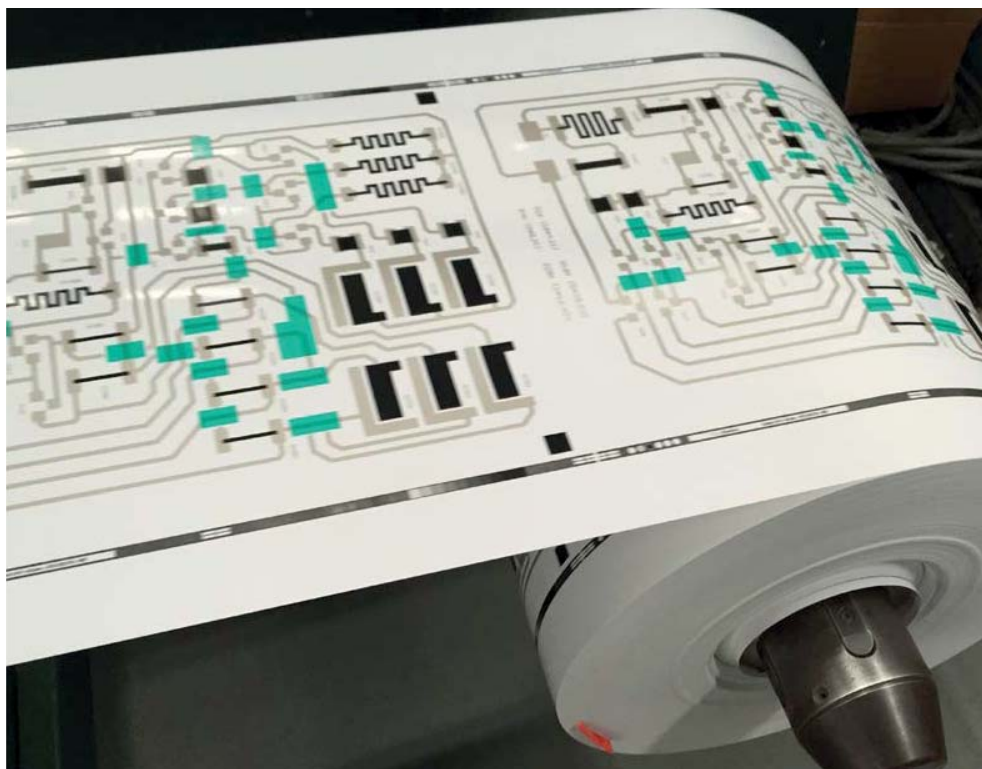
- Jetscript DL 2584 o gramaturze 248 g/m², dwustronnie powlekany, przeznaczony do direct mailingu o dwustronnym zadruku, wysokimi prędkościami,
- Jetscript MH 1448 CCB o gramaturze 134 g/m², matowy powlekany, z zabezpieczeniem przez brązowy bazowy, pozwalający na łatwą weryfikację przez przedarcie, przeznaczony do drukowania losów loteryjnych, biletów, kuponów itp.
- Jetscript MH 7084 o gramaturze 70g/m², powlekany matowy, przeznaczony na wierzchnią warstwę etykiet samoprzylepnych.

W **drukowaniu przemysłowym elektroniki drukowanej** stosowana jest także technika natryskowa, posługująca się specjalnymi przewodzącymi atramentami (farbami) [25]. Do tego celu stosowane są specjalne papiery z wielowarstwowymi specjalnymi powłokami. Część z nich wykonana jest w nanotechnologii. Producentów tego typu papieru jest stosunkowo niewiele. Na rys. 7.12. przedstawiono schematyczną budowę dwóch różnych typów papierów p_e: smart produkowanych przez niemiecki koncern Feliks Schoeller [26].



Rys. 7.12. Przykładowa budowa papierów stosowanych do natryskowego drukowania elektroniki
 Źródło: http://www.felix-schoeller.com/de_de/business-unit/weitere-spezialpapiere/p-esmartr.html
 (dostęp z dnia 05.01.2017).

Na rys. 7.13. przedstawiono elementy elektroniki drukowanej metodą natryskowa na papierze p_e: smart.



Rys. 7.13. Drukowana elektronika na papierze p_e: smart wyprodukowanym przez firmę Felix Scholler

Źródło: http://www.felix-schoeller.com/fileadmin/mediathek/documents/FS_p_e-smart_Maerz2016_Ansicht.pdf (dostęp z dnia 05.01.2017).

Przedstawiony przegląd stosowanych podłoży drukowych nie obejmuje podłoży wykorzystywanych przy drukowaniu wielkoformatowym.

*

Tektury faliste, tektury wielowarstwowe, płyty papierowe (plaster miodu) itp. są zadrukowywane zazwyczaj do grubości 15,9 mm w dużych formatach (1067 mm szer. × 2,4 m dł.) atramentami wodnymi [27]. Praktycznie można zadrukować każdy rodzaj tektury falistej i każde jej wierzchnie pokrycie. Konieczny jest tylko wybór prawidłowych atramentów wodnych lub UV, przeznaczonych do zadrukowywania danej powierzchni. Małe formaty są zadrukowywane do grubości dochodzącej do kilku centymetrów (czasami do 10 cm). Do tej grupy podłoży należą także płyty kompozytowe z tekturą (papierem na wierzchu) lub oklejane papierem.

7.3.2. Podłoża płaskie niepapierowe

W przypadku podłoży płaskich niepapierowych praktycznie nie występują ograniczenia materiałowe. Pewnym ograniczeniem jest zazwyczaj grubość zadrukowywanego podłoża, która najczęściej nie przekracza kilku centymetrów.

W związku z powyższym, techniką natryskową zadrukowywane są płyty z tworzyw sztucznych, sztywne ich arkusze, płyty kanalikowe, płyty kompozytowe, szyby i tafle szklane, blachy (aluminiowe i stalowe), folie z tworzyw sztucznych i syntetycznych, papiery syntetyczne, folie samoprzylepne, tkaniny i włókniny. Wachlarz stosowanych rodzajów atramentów jest tak duży, że istnieje możliwość doboru atramentu do każdego możliwego rodzaju materiału (podłoża), które ma być zadrukowywane.

Drukowanie natryskowe przy niskich nakładach konkuruje z sitodrukiem, również i w zakresie nadruków na blasze. W tym celu stosowane są specjalnie plotery natryskowe. Przykładem takiego zastosowania może być ploter płaski firmy INX Intl. Ink Co. MD1000, drukujący z wykorzystaniem atramentów utrwalanych promieniowaniem UV, specjalnie opracowanych przez firmę INX Intl. Ink Co. do drukowania blach metalowych [28].

7.3.3. Kształtki (formy przestrzenne)

Kształtki papierowe

Techniką natryskową zadrukowywane są kształtki papierowe – pojemniki wykonane z masy papierowej (pojemniki na jajka, do pakowania owoców itp.). Są zadrukowywane wielobarwnie lub tylko znakowane jednym lub dwoma kolorami.

Kształtki niepapierowe

Technologia drukowania natryskowego pozwala zadrukowywać metalowe pojemniki w postaci cylindrycznej oraz zamknięcia koronowe (kapsle) i inne, ale – w odróżnieniu od techniki typooffsetowej – dedykowana jest do niskich nakładów. Koszt zadruku małych nakładów metodą cyfrową będzie mniejszy w porównaniu z techniką typooffsetową, a dodatkową zaletą będzie szybkość wykonania zlecenia, czyli drukowanie na żądanie (print-on-demand). Górna granica przy opłacalności druku nakładu metodą druku cyfrowego nie jest z góry określona i zależy przede wszystkim od rodzaju maszyny drukującej, osobliwości zlecenia, kosztów atramentów i innych czynników.

Na współczesnym rynku można znaleźć kilka rozwiązań technologicznych na bazie drukowania natryskowego dedykowanych do zadrukowywania kształtek metalowych, ale są one absolutną nowością, tak w zakresie drukowania cyfrowego opakowań, w tym i drukowania natryskowego. Były one prezentowane po raz pierwszy w 2014 roku na międzynarodowych targach Interpack 2014 (Düsseldorf) i Metpack 2014 (Essen). Mogą być wykonane w postaci odrębnego urządzenia lub modułu drukującego. Urządzenia te, oprócz zadrukowywania metalowych puszek napojowych (aluminiowych) i pojemników areozolowych, pozwalają drukować na opakowaniach z innych surowców, na przykład na butelkach i tubach z tworzyw sztucznych (PE, PP, PET), tubach tekturowych, a głowice drukujące mogą być dostosowane także do drukowania lub znakowania zupełnie innych podłoży, takich jak na przykład tektura falista czy folie lub/ i płyty z tworzyw sztucznych [28-32].

Za ich pomocą uzyskuje się wysokojakościowy nadruk wielobarwny o rozdzielczości do 1200 dpi. Szybkość drukowania jest uzależniona od kształtu i wynosi od 80 do 240 opakowań na minutę [33].

W przypadku znakowania (tj. nadruku jednokolorowego informacyjnego) nie ma ograniczeń kształtów oraz materiałów, które są zadrukowywane.

7.4. Podłoża do wielkoformatowego drukowania natryskowego

Druki wielkoformatowe (LFP – z ang. *large format printing*) wykonywane są na materiałach o powierzchni A0 (841×1189 mm) i większej i są nimi przykładowo duże plakaty. Do ich drukowania stosowana jest technika sitodrukowa, offsetowa i cyfrowa. Z technik cyfrowych stosowane są elektrofotografia, technika natryskowa i sublimacyjna. Największy udział wśród technik cyfrowych ma technika natryskowa. Obecnie udział w rynku druków wieloformatowych wykonanych technikami cyfrowymi już znacznie przewyższa udział zastosowania do tego celu technik analogowych.

Do natryskowego drukowania wielkoformatowego używane są plotery i maszyny natryskowe (ink-jet). Papier i inne podłoża do tego rodzaju maszyn produkowane są głównie w zwojach (rolkach) o szerokościach odpowiadających szerokości maszyn. Zwoje zawierają najczęściej 100, 150 lub 175 m papieru.

Papier jest jednym z wielu zadrukowywanych podłoży i stanowi zaledwie około 30% powierzchni zadrukowywanych podłoży.

W drukowaniu natryskowym obok papierów, których podział przedstawiono na rys. 7.3, stosowanych jest wiele specyficznych materiałów, będących głównie laminatami lub przetworzonymi produktami wykonanymi z tworzyw sztucznych, tkanin, włókien i innych materiałów. Materiały te dzielone są według marketingowego podziału postaci reklam, z których są wykonane. Materiały te zostaną przedstawione po rozdziale, który poświęcony jest materiałom papierowym.

7.4.1. Podłoża papierowe do wielkoformatowego drukowania natryskowego

Do wielkoformatowego drukowania ink-jet obok tworzyw sztucznych, papierów syntetycznych i tkanin stosowane są także różnego rodzaju papiery specjalnie dedykowane do tej techniki drukowania cyfrowego. Najczęściej są to przetworzone papiery w postaci ich laminatów. Minimalna wymagana rozdzielczość wydrukowanego obrazu to 720 dpi. Papiery powlekane o wysokiej jakości umożliwiają uzyskanie rozdzielczości obrazu 1440 dpi.

Papiery takie po zadrukowaniu powinny szybko schnąć, tak aby uniknąć rozprzestrzeniania się farby na włókna sąsiadujące z naniesioną kroplą farby. Zjawisko takie pogarsza jakość druku, zmniejsza rozdzielczość i ostrość obrazu. Rozprzestrzenianie się farby (atramentu) inkjetowej wzdłuż włókien papieru określane jest terminem *wicking*.

Drozsze podłoża papierowe, w celu wyeliminowania takiego zjawiska, są powlekane specjalną warstwą, która absorbuje farbę. Papiery te są wysokiej jakości, z dodatkowymi warstwami pokrywającymi, zapewniającymi mniejsze rozpyływanie się atramentu po powierzchni i puchnięcie niż zwykły papier. Poprzez utrzymanie atramentu na powierzchni otrzymujemy zredukowanie efektu rozpyływania (wchłaniania) atramentu, jak również bardziej intensywny kolor, gęstość i ostrość [34].

Stosowane są najczęściej papiery o gramaturze 120 g/m², powlekane z matowymi powłokami, umożliwiającymi drukowanie zarówno metodą termiczną, jak i piezo.

Produkowane są także tzw. papiery posterowe powlekane (plakatowe). Mają one wyższą białość i gramaturę od papierów powlekanych. Przeznaczone są do drukowania obrazów o dużej wierności kolorów. Tego rodzaju papiery znajdują zastosowanie m.in. jako plakaty i znaki sygnalizacyjne w pomieszczeniach wewnętrznych. Występują papiery plakatowe (posterowe) o gramaturze 130 i 200 g/m² z połyskiem i matowe. Papiery plakatowe stosowane są także w wersji samoprzylepnej.

Na rynku obecne są także papiery plakatowe z dwoma stronami białymi, nazywane *White Back*, przeznaczone do drukowania atramentami solwentowymi, ekosolwentowymi i mild solwentowymi. Produkowane są one w gramaturach 130 g/m², 135 g/m², 150 g/m² i 200 g/m².

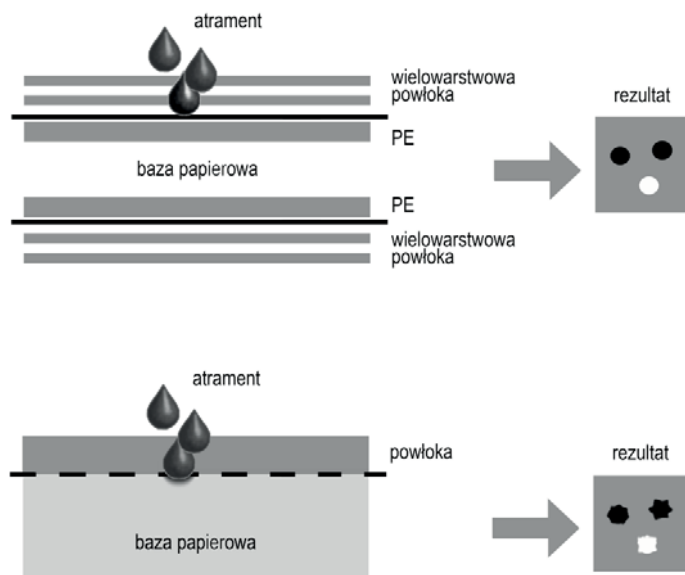
Kolejna grupa to papiery niepowlekane typu ozdobne, wodotrwałe o gramaturach 180-200 g/m², imitujące głównie płótna, przeznaczone do drukowania wielkoformatowych plakatów (posterów).

Produkowane są również papiery plakatowe do podświetleń typu citylight. Są to papiery półprzezroczyste (tzw. translucenty) o gramaturach 130 g/m² i 150 g/m².

Kolejnym rodzajem papierów jest tzw. papier *Blue Back*, tj. specjalny papier wodotrwały do drukowania billboardów z białą powierzchnią do drukowania i niebieskim spodem do przyklejania. Gramatury tych papierów zamykają się zwykle w przedziale 115-140 g/m². Są specjalne gatunki tych papierów, przeznaczone do drukowania atramentami rozpuszczalnikowymi, wodnymi i olejowymi.

Oddzielną grupę stanowią papiery ogniotrwałe. Papiery ogniotrwałe produkowane są najczęściej w gramaturach 80 g/m² i 130 g/m² i w kilku kolorach. Do drukowania stosowane są tusze pigmentowane. Mogą być one także stosowane do fotokopiarek i drukarek laserowych.

Osobną grupę stanowią papiery lub ich laminaty przeznaczone do drukowania wielkoformatowych zdjęć. Podczas produkcji tego typu papierów na papier podłożowy RC nanosi się warstwę PE (polietylenu) oraz powłokę wielokrotną, co daje



Rys. 7.14. Porównanie papieru z warstwą PE i papieru zwykłego – bez warstwy PE

Źródło: Jakucewicz S., *Papier do drukowania właściwości i rodzaje*, Michael Huber Polska, Warszawa 2010, s. 309.

im przewagę nad innymi papierami używanymi jako bazy papieru powlekanego metodą odlewu (*cast-coated papers*).

Zastosowanie znajdują także papiery do drukowania transferowego. To wytwory dwuwarstwowe, przy czym jedną warstwę stanowi folia termoplastyczna z powłoką absorpcyjną od strony zadrukowywanej, a drugą papier ochronny, mocno zaklejony powierzchniowo i superkalandrowany, do którego przyczepność folii nie jest wysoka. Papier ochronny jest barwny lub z nadrukiem, np. kratki, w celu odróżnienia strony, która powinna stykać się z elementem grzejnym. Na drugiej stronie na maszynie drukującej natryskowej wykonuje się odbicie lustrzane nadruku. Następnie zadrukowany papier przykładą się do tkaniny bawełnianej lub poliestrowej, dociska kilkadziesiąt sekund żelazkiem lub płytą o temperaturze ok. 165°C. W czasie tego procesu nadruk wraz z folią zostaje przeniesiony na tkaninę. Następnie należy usunąć papier ochronny. Folia chroni nadruk przed starciem z tkaniny i nadaje mu odporność na pranie [36].

Produkowane są także papiery na fototapety: lateksowe, samoprzylepne lub do klejenia. Ich gramatura wynosi powyżej 200 g/m².

Do drukowania metodą natryskową plakatów stosowane są także papiery syntetyczne – włókniste, jak i foliowe. Są one aplikowane także jako materiały samoprzylepne.

7.4.2. Podłoża stosowane do drukowania reklam techniką wielkoformatowego drukowania natryskowego

Analiza materiałów dedykowanych wielkoformatowemu drukowaniu natryskowemu umożliwia zaobserwowanie tendencji dzisiejszego rynku. Obecnie głównym zastosowaniem tej techniki jest reklama. Przyglądając się ulicom miast z łatwością można dostrzec liczne plansze, tablice, flagi czy panele. Reklama zewnętrzna, jak i wewnętrzna, swój rozwój zawdzięcza licznym zaletom – m.in. jest tańsza niż telewizyjna, a jej świadome wykorzystanie pozwala osiągnąć porównywalne efekty. Ponadto, różnorodne rozwiązania pod względem wykorzystywanych nośników, zwiększają jej atrakcyjność.

Dane podłoże jest bardziej atrakcyjne od innych, m.in. gdy charakteryzuje się szerszym zakresem zastosowań. Staje się tak, kiedy możliwe jest jego wykorzystanie na wcześniej niedostępnych powierzchniach bądź w bardzo trudnych warunkach atmosferycznych. Czynniki te bezpośrednio wpływają na rozwój materiałów do drukowania wielkoformatowego. Ponadto, producenci starają się zaoferować coraz to nowsze i bardziej ekologiczne produkty. Wiąże się to ze zwiększającym się trendem na działania na rzecz środowiska naturalnego. Różnego rodzaju organizacje na całym świecie wymagają od producentów nieustannych prac nad poprawą bezpieczeństwa używanych materiałów.

W związku z powyższym, mamy do czynienia z takimi nośnikami reklamy, jak: banery, billboardy, backlighty (podświetlane billboardy), citylighty, dekoracje, displaye sklepowe, flagi, grafiki okienne, grafiki podłogowe, grafiki samochodowe, mega billboardy, plandeki, podkładki pod mysz, POS, potykacze, produkty dmuchane, rollupy, standy, siatki mesh, ścianki ekspozycyjne itp.

Nowe materiały stosowane do reklamy zewnętrznej i wewnętrznej to np.: Ekopłakat (folia PE przystosowana do drukowania, o odpowiedniej białości), folie winylowe graficzne Controltac, tkaniny banerowe o splocie płótna, folie PVC samoprzylepne z usuwalnym klejem, tafle szklane przygotowane do drukowania itp.

Podział nośników reklamy zadrukowywanej wielkoformatowym drukiem natryskowym jest przedstawiony poniżej, alfabetycznie, wraz z definicją używanej nazwy i charakterystyką stosowanych (zadrukowywanych) materiałów podłożowych.

Banner lub **baner** – to forma reklamy, komunikatu lub innego przekazu. Najczęściej jest to wydrukowany na płachcie materiału przekaz informacyjny lub reklamowy [37].



Rys. 7.15. Przykładowe banery

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/bannery> (dostęp z dnia 08.01.2017).

Materiały stosowane do drukowania natryskowego banerów (produkcji banerów), tzw. **materiały banerowe** to [38]:

- materiał winylowy, siatka winylowa, (tkanina poliestrowa i siatka poliestrowa powlekane PVC),
- materiał flagowy (tkanina poliestrowa lub inna jednostronnie powlekana),
- baner – frontlight (materiał do ekspozycji przy oświetleniu centralnym).

Przekładając powyższe nazwy na język techniczny – mamy do czynienia z następującymi materiałami [39]:

- **Frontlight** – poliestrowa tkanina powlekana PVC, charakteryzująca się dużą wytrzymałością na rozciąganie oraz działanie warunków atmosferycznych.

Odpowiednia do zastosowań zarówno zewnętrznych, jak i wewnętrznych. Gramatura 440g/m²-510 g/m².

- **Blockout** – jest to gładka, półmatowa, poliestrowa tkanina najwyższego gatunku, o wysokim stopniu bieli, która posiada specjalną przekładkę blokującą światło. Daje możliwość dwustronnego zadruku, dzięki zastosowaniu nieprzepuszczającej światło czarnej przekładki wewnątrz materiału. Niweluje ona możliwość przenikania promieni świetlnych przez materiał, dzięki temu obie strony banera są idealnie widoczne. Gramatura 610 g/m².
- **Siatka mesh** – materiał tkaninowy przeznaczony głównie do prezentacji zewnętrznych wielkoformatowych. Siatka mesh wykonana jest, podobnie jak w przypadku standardowych materiałów banerowych, z włókien poliestrowych powlekanych PVC, jednak ułożonych na tyle luźno, że całość przypomina swą strukturą gęstą siatkę. Struktura ażurowej siatki składa się z wielu, regularnie rozmieszczonych otworków, które przepuszczają światło i powietrze. Może być więc umieszczana również na dużych budynkach biurowych czy mieszkalnych. Reklama wykonana z siatki jest lekka, odporna na warunki zewnętrzne, a jednocześnie zapewniająca nasycone kolory wydruku.
- **Backlight** – posiada większość cech frontlight'u, lecz został zaprojektowany tak, aby idealnie rozpraszał światło. Dzięki czemu, wraz z tylnym podświetleniem, oferuje możliwości specyficznego zastosowania. Charakteryzuje się translucenzną strukturą idealnie rozpraszającą światło. Do tego celu stosowane są głównie półprzezroczyste (translucentne) folie poliestrowe lub polipropylenowe.

Billboard – dużych rozmiarów tablica lub plakat reklamowy, stosowany głównie w reklamie zewnętrznej. Termin określa też nośnik reklamy, będący dużą, często oświetloną tablicą reklamową, umieszczaną na budynkach lub na specjalnie przystosowanych do tego słupach [40].

Materiały stosowane do drukowania billboardów [41]:

- papier billboardowy (tzw. *Blue Back* lub *White Back*) jednostronnie powlekany z niebieskim lub białym spodem; o gramaturze 105-120 g/m²; występujący w arkuszach lub rolkach,
- samoprzylepne folie, lakierowane lub laminowane, z połyskiem, matowe, trwałe, nietrwałe, z refleksem lub fluorescencyjne, opcjonalnie – w zależności od zastosowanej technologii,
- materiały billboardowe winylowe (poliestrowe) z przelotkami, kieszeniami, linami, opcjonalna laminacja płynna,



Rys. 7.16. Przykładowe billboardy

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/billboardy> (dostęp z dnia 09.01.2017).

Backlighty (podświetlane billboardy) – wydruki te (backlight, backlit) znajdują zastosowanie we wszelkiego typu ekspozycjach podświetlanych – kasetony, lightboxy, gabloty, citylighty itp.

Druki typu backlight/backlit znajdują zastosowanie we wszelkiego typu ekspozytorach podświetlanych – kasetonach, lightboxach, standach, gablotach, citilightach itp.

Wydruki do podświetleń wykonywane są na specjalnych materiałach – są to folie winylowe backlit (do podświetlania i napinania na ramach), przezroczyste folie samoprzylepne (do naklejania np. na pleksiglas) oraz poliestrowe lub polipropylenowe półprzezroczyste folie, zapewniające odpowiednie rozproszenie podświetlenia, jednocześnie zachowując wyrazistość kolorów i szczegółów [42].

Grafika do podświetlanych nośników drukowana jest również na specjalnym papierze backlightowym, który ma odpowiednią gramaturę (zwykle 100 g/m^2) i idealnie rozprasza światło, tworząc bardzo estetyczną, a stosunkowo tanią, świecącą reklamę.

Citylight – rodzaj outdoorowej (zewnętrznej) reklamy ulicznej. Jest to niewielkich rozmiarów – zwykle $1,2$ na $1,8 \text{ m}$ – zazwyczaj podświetlana tablica ogłoszeniowa, umieszczana w najbardziej uczęszczanych miejscach miast, takich jak pasaż handlowe, deptaki, dworce kolejowe, przystanki komunikacji publicznej. Oprócz funkcji reklamowej, citylighty mogą stanowić element miejskiego krajobrazu. Z tego powodu citylighty zwane są meblami miejskimi. Tablice te są często wbudowywane integralnie w obiekty małej architektury, takie jak wiaty przystankowe, obudowy przejść podziemnych. Bywają również wmontowywane w ściany budynków i w ściany pojazdów. Citylighty występują też w wersji wolno stojącej w pasażach handlowych i na parkingach przed hipermarketami, czy też w podziemiach albo w metrze [43], np. jako przezroczyste słupy ogłoszeniowe.

Stosowane materiały to: papier powlekany ze specjalną powłoką, zwany papierem posterowym, o gramaturze do 200 g/m^2 , papier powlekany przystosowany do podświetleń o gramaturach $150\text{-}170 \text{ g/m}^2$. Stosuje się również papier powlekany



Rys. 7.17. Przykłady reklamy citylight

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/citylighty> (dostęp z dnia 10.01.2017).

dwustronnie, pozwalający osiągnąć nasycenie barwy przy podświetleniu od tyłu o gramaturze 150 g/m², a także powleczone folie poliestrowe (PET) półmatowe o grubości 185 µm. Popularne są też powleczone folie PET transparentne z połyskiem, o grubości 175 µm lub polipropylenowe (PP) półprzezroczyste folie, zapewniające odpowiednie rozproszenie podświetlenia, jednocześnie zachowując wyrazistość kolorów i szczegółów.

Dekoracje – to elementy ozdabiające, ozdoby stosowane w reklamie zewnętrznej. Druki będące ozdobami są wykonywane na materiałach winylowych, siatkach powleczonech PVC, foliach samoprzylepnych, materiałach flagowych i banerowych, na papierze oraz na płytach z tworzyw sztucznych i płytach piankowo-kartonowych. Do dekoracji należy także zaliczyć tapety i fototapety stosowane wewnątrz, a zadrukowywane wielkoformatowym drukowaniem natryskowym. Są to najczęściej tapety na bazie fizeliny lub papieru zaopatrzonego w powłokę lateksową.



Rys. 7.18. Przykładowe dekoracje

Źródło: http://www.eclipse-print.com/images/illustrations/ilustr_09_dekorace.jpg (dostęp z dnia 10.01.2017).



Rys. 7.19. Przykładowe dyspleje sklepowe

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/displaye-sklepowe> (dostęp z dnia 10.01.2017).

Displeje sklepowe – rodzaj materiałów wspierających sprzedaż, reklama typu BTL (z ang. *below the line* – działania reklamowe skierowane do konkretnego klienta, niebędące reklamą w środkach masowego przekazu). Nośniki reklamy BTL są skierowane głównie do detalistów i konsumentów, i noszą nazwę materiałów POS (z ang. *point of sales*), właściwie POSM (z ang. *point of sales materials*) lub POP (z ang. *point of purchase*) [46]. Displejami sklepowymi są także opakowania prezentujące produkt.

Materiałami stosowanymi do drukowania (produkcji) displayów sklepowych są: wyroby papierowe (papier, tektura i tektura falista), tkaniny banerowe, siatki mesh, folie samoprzylepne, materiał flagowy (tkanina poliestrowa), płyty z utwardzanych tworzyw sztucznych oraz lekkie płyty piankowo-tekturowe.

Flaga (nid. *vlag*) – płat tkaniny określonego kształtu i barwy (barw), przymocowywany do drzewca; może zawierać godła, symbole i wizerunki. Jednym z rodzajów flag jest **flaga reklamowa** (tj. wykorzystywana do celów reklamowych).



Rys. 7.20. Przykładowe flagi reklamowe

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/flagi> (dostęp z dnia 10.01.2017).

Materiałami stosowanymi do drukowania (produkcji) flag reklamowych są głównie tkaniny poliestrowe (może być także inna). Tkanina poliestrowa może być przeznaczona do jednostronnego zadruku (przebijającego na drugą stronę, by uzyskać efekt dwustronny) i produkcji flag, flagietek oraz batflag. Po odpowiednim uszyciu, jest wytrzymała na rozdarcia. Układ włókien pozwala na odpowiednie ekspozowanie grafiki, nawet przy małym wietrze.

Grafiki okienne – druki reklamowe naklejane na szyby okienne sklepowe lub środków transportu. Grafika okienna na środkach transportu jest rodzajem tzw. reklamy tranzytowej.

Reklama tranzytowa – rodzaj reklamy outdoorowej (zewnętrznej), której nośnikami są środki komunikacji: autobusy, busy, taksówki, samochody prywatne czy też specjalne samochody reklamowe itd. W swej naturze reklama ta, przemieszczając się, ma duży zasięg. Dzięki wprowadzonej na rynek folii *One Way Vision* (nie zmniejszającej widoczności w pojeździe po naklejeniu na szyby) znacznie zwiększono przestrzeń dla tego typu reklam i obecnie cały pojazd, wraz z szybami, może być nośnikiem reklamy [49].

Materiał wykorzystywanym do tego typu reklam jest folia okienna typu OWV (z ang. *one-way-vision*). Folia OWV to perforowana, monomerowa folia PVC o charakterze samoprzylepnym, która stosowana jest do oklejania powierzchni transparentnych. Jej najczęstsze zastosowanie to klejenie witryn sklepowych, elewacji szklanych, szyb samochodowych oraz szyb środków komunikacji miejskiej. Folie OWV najczęściej mają białą powierzchnię, przeznaczoną do zadruku grafiki techniką cyfrową natryskową z zastosowaniem farb: solwent, eco-solwent, latex, o powierzchni dziurek od 40 do 50%. W praktyce oznacza to, że przeważnie w 40% folia przepuszcza światło słoneczne. Efekt użycia folii OWV jest taki, że obserwator z zewnątrz widzi tylko grafikę reklamową, natomiast od wewnątrz pomieszczenie jest tylko lekko zaciemnione [50].



Rys. 7.21. Przykładowe grafiki okienne

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/grafiki-okienne> (dostęp z dnia 13.01.2017).



Rys. 7.22. Przykładowe grafiki podłogowe

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/grafiki-podlogowe> (dostęp z dnia 13.01.2017).

Grafiki podłogowe – druki reklamowe umieszczane na podłodze (przyklejane do podłogi). Poniżej kilka zastosowań grafiki podłogowej:

- reklama i promocja produktów w miejscu sprzedaży,
- prezentacja logo firmy lub produktu,
- oznakowania informacyjne i kierunkowe,
- oprawa plastyczna imprez targowych i kulturalnych,
- elementy wystroju wnętrz domów towarowych, supermarketów, biur, klubów, dyskotek, ośrodków sportowych.

Grafika podłogowa może być stosowana w [52]:

- sklepach, supermarketach i domach towarowych,
- centrach i pasażach handlowych,
- restauracjach, klubach i dyskotekach,
- w kinach, muzeach, obiektach targowych,
- w portach lotniczych, na dworcach kolejowych i w metrze,
- na stacjach benzynowych,
- w halach sportowych i widowiskowych.

Materiał stosowany do drukowania (produkcji) grafik podłogowych:

- specjalna folia samoprzylepna z mocnym, lecz łatwym do usunięcia klejem,
- specjalna folia do laminacji o wysokiej odporności mechanicznej oraz z wykończeniem antypoślizgowym.

Zwiększenie odporności druków na ścieranie uzyskuje się poprzez ich laminowanie.

Grafiki samochodowe – a w zadzie reklama tranzytowa, będąca rodzajem reklamy zewnętrznej, której nośnikami są środki komunikacji: autobusy, busy, taksówki, samochody prywatne czy też specjalne samochody reklamowe itd. Drukowane obrazy naklejane są na pojazdy z wyłączeniem ich okien (vide **Grafiki okienne**).



Rys. 7.23. Przykładowe grafiki samochodowe

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/grafiki-okienne>
(dostęp z dnia 13.01.2017).

Materiały stosowane: folie samoprzylepne o różnej grubości z klejami trwałymi lub nietrwałymi, folie do klejenia z połyskiem, matowe, z refleksem, fluorescencyjne, folie OWV oraz folie magnetyczne. Zwiększenie odporności druków uzyskuje się poprzez laminowanie.

Megaboardy – wielkie, często oświetlone, zadrukowane tkaniny (czasem półprzepuszczalne), rozciągnięte na specjalnym rusztowaniu przymocowanym do fasady budynku, najczęściej będące reklamą. Występują głównie w dużych miastach, mają najczęściej formaty niestandardowe, o powierzchniach powyżej 50 m² i dochodzących nawet do 300 m² [55].

Materiały stosowane: materiał winylowy, siatka winylowa, folia samoprzylepna, materiał flagowy, brezent (gruba mocna bawełniana tkanina impregnowana, używana do wyrobu nieprzemakalnej odzieży, namiotów, plandek, pokrowców i plecaków, charakteryzuje się nieprzemakalnością i dużą wytrzymałością).



Rys. 7.24. Przykładowe megaboardy

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/megaboardy>
(dostęp z dnia 13.01.2017).



Rys. 7.25. Przykłady zadrukowanych plandek

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/plandeki> (dostęp z dnia 13.01.2017)

Plandeki – płachty materiału o stosunkowo dużych rozmiarach, chroniące towar przed przemoknięciem. Wykonane są z tkaniny (bawełna, len, włókna syntetyczne) gumowanej lub nasączonej substancją hydrofobową (np. tłuszczem). Przykładem takiej tkaniny jest brezent.

Plandeka szczególną rolę odgrywa w transporcie, m.in. samochodowym. W samochodach ciężarowych często wsparta jest na rusztowaniu, tworząc górną część skrzyni ładunkowej [57].

Materiały stosowane: materiał winylowy do plandek standardowych oraz do twardych osłon bocznych 500-900 g/m².

Podkładka pod mysz komputerową – służy do zabezpieczania blatu stołu lub biurka przed porysowaniem przez mysz i jednocześnie zapewnia odpowiedni poślizg między myszą a podłożem. Wykonana jest z tworzywa sztucznego. Strona wierzchnia jest gładka, spodnia piankowa, co zapobiega ślizganiu się podkładki po blacie.



Rys. 7.26. Przykładowe podkładki pod myszki komputerowe

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/podkladki-pod-mysz> (dostęp z dnia 13.01.2017).

Struktura podkładki jest wielowarstwowa, automatycznie klejona – stosuje się tu następujące materiały:

- 1 warstwa – folia winylowa, 0,15 mm, piaskowana górna warstwa,
- 2 warstwa – papier lub folia winylowa z nadrukiem,
- 3 warstwa – poliuretan piankowy, guma lub tkanina winylowa, PVC, o różnej grubości.

POS, Standy – **POS** (z ang. *point of sale*) – materiały wspierające sprzedaż; sformułowanie to odnosi się do różnych rodzajów nośników reklamy typu BTL. **Standy** (reklamy stojące) – stojaki reklamowe [60]. Są to stojące formy przestrzenne, które najczęściej są dzielone na:

- półkowe (z półkami), na których prezentowany jest sprzedawany towar, nazywane inaczej opakowaniami prezentującymi towar,- eliptyczne,
- postaci,
- i inne.

Materiały stosowane:

- tektura wielowarstwowa i lita, tektura falista,
- płyty piankowo-tekturowe, płyty plastikowe,
- materiały samoprzylepne (do oklejania konstrukcji).



Rys. 7.27. Przykładowe posy i standy

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/pos-standy> (dostęp z dnia 13.01.2017).

Poty kacze – rodzaj stojaka reklamowego zbudowanego z dwóch płaskich powierzchni połączonych ze sobą w górnej części, do których mocowane są plakaty. Materiałami na poty kacze są najczęściej płyty PVC, HIPS lub aluminiowe ramy wykonane w systemie OWZ. Stojak po rozstawieniu ma kształt litery A [61]. Ramy stworzone są z profili typu OWZ – Otwórz, Włóż, Zamknij. System OWZ jest obecnie najlepszym sposobem na ekspozycję plakatów, ulotek czy reklam, pozwalającym na łatwą i szybką ich wymianę. Nośniki informacji/reklamy tego typu, dzięki prostocie obsługi i eleganckiemu wyglądowi, są szeroko stosowane i ciągle znajdują nowe zastosowania [62].

Plakaty ekspozycyjne w stojakach drukowane są najczęściej na papierze plakatowym, papierze syntetycznym, specjalnej folii PE (ekopłakat), folii winylowej i foliach samoprzylepnych.



Rys. 7.28. Przykładowe potykacze

Źródło: <http://www.jansen-display.pl/stojaki-na-plakaty.html>
(dostęp z dnia 13.01.2017).

Produkty dmuchane – to najczęściej balony, bramy, chwieje, dmuchane butelki, dmuchane puszki, dmuchane szyldy, ekrany, namioty, słupy oraz inne nietypowe dmuchane nośniki reklamy.

Stosowane materiały to: wytrzymałe tkaniny winylowe lub tkanina do produktów dmuchanych – połączone poprzez zgrzewanie lub szycie.



Rys. 7.29. Przykładowe reklamowe produkty dmuchane

Źródło: <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/produkty-dmowane>
(dostęp z dnia 13.01.2017).

Rollupy – rodzaj systemu wystawienniczego, składającego się z kasety zawierającej zwinięty wydruk (na tworzywie PVC lub papierze, materiale banerowym, folii poliestrowej, folii polipropylenowej, materiale flagowym itp.) oraz najczęściej aluminiowych rurek.



Rys. 7.30. Przykładowe rollupy

Źródło: <http://www.polskibiznes.info/wp-content/uploads/2015/10/rollups1-1024x625.jpg> (dostęp z dnia 13.01.2017).

Bardzo krótki czas montażu, łatwość przechowywania i przewożenia (kaseta wraz z rurkami mieści się w niewielkiej torbie) sprawia, iż jest to bardzo popularny system, często używany na targach i prezentacjach. Najpopularniejsza szerokość pochodzi z zakresu 85-150 cm, długość około 2 m. Wydruki w kasetach można zmieniać dowolną ilość razy, co sprawia, że jest to bardzo opłacalny system [65].

Standy – vide **POS, Standy**.

Siatki mesh – vide **Banner**.

Ścianki ekspozycyjne – system wystawowy do szybkiego i samodzielnego rozkładania. Konstrukcja ścianki PopUp wykonana jest z cienkich profili aluminiowych, do których za pomocą metalowych listew i taśmy magnetycznej montowane są poszczególne arkusze z nadrukowanymi obrazami. Aluminiowy szkielet nośny rozkłada się jednym ruchem.



Rys. 7.31. Ścianka ekspozycyjna

Źródło: http://www.mediapress.net.pl/data/images/systemy_aluminiowe9.jpg (dostęp z dnia 13.01.2017).

Wszystkie elementy ścianki, łącznie z grafiką, mieszczą się do jednego kufra transportowego, który podczas prezentacji pełni rolę trybunki/stolika. Budowa ścianki jest modułowa, co oznacza, że można ją dowolnie powiększać. Najczęściej spotykany format ścianki to 3×4 moduły. Ścianki występują również w rozmiarach 2×3 , 3×3 , 3×5 itp. [67].

Stosowane materiały do umieszczania na ściankach to: wszelkiego rodzaju informacja, drukowana na różnych podłożach, mieszcząca się na formacie ścianki lub też informacja drukowana cyfrowo bezpośrednio na ścianie.

7.4.3. Materiały podłożowe stosowane do drukowania wielkoformatowych reklam

Stosowane w drukowaniu wielkoformatowym w charakterze podłoży drukowych materiały wykorzystywane tak w reklamie zewnętrznej, jak i wewnętrznej, noszą nazwy handlowe lub zwyczajowe, które w większości przypadków nic nie mówią o rodzaju materiału z punktu widzenia inżynierii materiałowej.

Poniżej została przedstawiona próba usystematyzowania tych podłoży – można je sklasyfikować w czterech grupach:– produkty papierowe (opisane już we wcześniejszych rozdziałach),

- folie z tworzyw sztucznych (w tym także samoprzylepne),
- tkaniny (także włókniny),
- płyty z tworzyw sztucznych.

Folie z tworzyw sztucznych

W charakterze podłoży drukowych, stosowanych w różnych materiałach reklamowych, zastosowanie znajdują trzy rodzaje folii: folie PVC, folie PP i folie PET. Poniżej zostaną przedstawione ich ogólne charakterystyki.

Folia z polichlorku winylu (PVC)

Do drukowania natryskowego wielkoformatowego stosowane są folie PVC. Stosowane są trzy różne folie:

Folia kalandrowana:

- z plastifikatorami monomerycznymi, zwana folią PVC monomerową lub monomeryczną (ang. *monomers PVC*),
- z plastifikatorami polimerowymi, zwana folią PVC polimerową (ang. *polymeric PVC*).

Folia wylewana, zwana folią PVC wylewaną lub odlewaną (ang. *PVC-cast*).

Każda z wyżej wymienionych folii ma różne właściwości. Podstawowa właściwość dla użytkownika to czas stosowania.

Folia PVC kalandrowana monomeryczna. Jest ona zwana także folią krótkookresową. Typowa grubość tych folii to 80-100 μm . Proces plastyfikacji PVC polega na działaniu ciepła i dodanego plastifikatora. Plastifikatorami monomerycznymi

są substancje oleiste o małej masie cząsteczkowej. Ze względu na małą wielkość cząsteczek, plastyfikatory powoli migrują do powierzchni folii, powodując jej kurczenie i kruchość. Typowa trwałość tych folii wynosi do 2 lat (znane są także folie o trwałości 3-4 lata).

Folia PVC kalandrowana polimeryczna. Jest ona zwana także folią średnio-okresową. Typowa grubość tych folii to 80-100 μm . Plastyfikatorami są polimery. Plastyfikatorami polimerowymi są związki o dużej masie cząsteczkowej o długich łańcuchach, które są mniej mobilne niż w folii PVC z monomerycznymi plastyfikatorami. Skutkuje to dłuższą trwałością folii, lepszą odpornością na promieniowanie UV i wyższą odpornością na temperaturę. Typowa trwałość tych folii to 3-5 lat.

Folia PVC wylewana. Jest zwana także folią odlewaną oraz długookresową. Jest otrzymywana przez wylanie rozpuszczonego polichlorku winylu wraz z dodatkami. Proces ten pozwala na produkcję cienkich folii. Typowa grubość to 50 μm . Naprężenia wewnętrzne wylewanych folii PVC są minimalne, dając w wyniku bardzo dużą elastyczność i bardzo małą kurczliwość, nawet w podwyższonych temperaturach. Typowa ich trwałość to 7-10 lat.

Folie z polichlorku winylu, zwane potocznie winylowymi, znajdują zastosowanie jako nośniki: banerów, wszelkiego rodzaju billboardów, dekoracji, displayów, folii OWV, grafiki podłogowej, podkładek pod myszkę, rollupów itp. Najczęściej folie z PVC stosowane są jako materiały samoprzylepne.

Folie polipropylenowe (PP)

Są to folie z wylanego polipropylenu (ang. *cast PP*), który jest powlekany celem umożliwienia jego zadrukowania. Stosowanych jest wiele różnych materiałów powłokotwórczych. Używana grubość folii to około 200 μm . Zadrukowane folie PP są stosowane do citylightów i rollupów. Folie PP stosowane są także do drukowania grafik wykorzystywanych w innych systemach reklamowych. Najczęściej folie PP wykorzystywane są jako materiał samoprzylepny.

Folie poliestrowe (PET) z poli(tereftalanu etylenu)

Są to folie z powlekanego poli(tereftalanu etylenu). W celu umożliwienia łatwego zadruku są one powlekane. Najczęściej w charakterze powłok stosowane są kopolimery winylidenowe. Folie PET stosowane są najczęściej jako nośniki nadrukowanej grafiki w wszelkiego typu citylightach oraz rollupach. Do tego celu stosowane są folie o grubości 175 μm lub 185 μm . Folie PET bywają także nośnikami grafiki w innych systemach reklamy, tak zewnętrznej, jak i wewnętrznej. Najczęściej folie PET stosowane są jako materiały samoprzylepne.

Tkaniny (także włókniny)

Tkaniny stosowane w charakterze podłoża drukowych w wielkoformatowym drukowaniu natryskowym do reklamy zewnętrznej i wewnętrznej z punktu widzenia

materiałowego dzielą się na: bawełniane i poliestrowe. Tkaniny są stosowane jako niepowlekane (apreturowane), lekko powlekane – tzw. semipowlekane (ang. *semi-coated*) oraz powlekane. Z włókien najczęściej stosowana jest fizelina.

Tkanina bawełniana – najczęściej stosowane są tkaniny imitujące płótno malarskie, jednostronnie powlekane, o splocie płóciennym, zwane Canvas, stosowane do wydruków artystycznych reprodukcji obrazów, aplikacji scenograficznych i wystawienniczych oraz w charakterze brezentu do wykonywania nadruków na plandekach i megaboardach. Tkaniny Canvas bawełniane produkowane są w gramaturach: 220 g/m², 250 g/m², 340 g/m² i 450 g/m². Tkaniny Canvas są jednostronnie powlekane i służą do wydruków artystycznych, reprodukcji obrazów oraz aplikacji scenograficznych i wystawienniczych.

Brezent jest grubą mocną bawełnianą impregnowaną tkaniną, używaną do wyrobu nieprzemakalnej odzieży, namiotów, plandek, pokrowców i plecaków oraz megaboardów. Charakteryzuje się nieprzemakalnością i dużą wytrzymałością. Gramatury brezentu zamykają się w przedziale 70-1100 g/m² (do megaboardów najczęściej stosowane są brezenty 600-700 g/m²).

Plandeka jest płachtą materiału o stosunkowo dużych rozmiarach, chroniącą towar przed przemoknięciem. Wykonana jest z tkaniny bawełnianej, lnianej lub z włókien syntetycznych, gumowanej lub nasączonej substancją hydrofobową, w celu nadania jej wodoodporności. Przykładem takiej tkaniny jest brezent.

Plandeka odgrywa szczególną rolę w transporcie, m.in. samochodowym. W samochodach ciężarowych często wsparta jest ona na rusztowaniu, tworząc górną część skrzyni ładunkowej. W reklamie wielkoformatowej używa się z reguły plandek o gramaturach 500-900 g/m².

Tkaniny poliestrowe z poli(tereftalanu etylenu) (PET)

Tkaniny z włókien poliestrowych znajdują wszechstronne zastosowanie w drukowaniu natryskowym wielkoformatowym. Ze względu na problemy z zadrukowywaniem niepowlekanego PET, są one powlekane pastami PVC na gorąco lub powłoka jest nanoszona z roztworu PVC lub jego kopolimerów.

Tkaniny PET uszlachetnione pastami na gorąco nazywane są potocznie tkaninami laminowanymi, a z powłokami nakładanymi z roztworu – powlekanymi. Te ostatnie mają lepszą jakość i możliwość dłuższego stosowania.

W opisach nośników reklamy wielkoformatowej jest podawane, że do danego celu są stosowane tkaniny winylowe. Jest to nazwa typowo handlowa, gdyż to określenie tak naprawdę dotyczy tkanin PET uszlachetnianych powłokami PVC.

Powlekane PVC tkaniny PET stosowane do wydruków wielkoformatowych można podzielić na cztery grupy, kierując się kryterium zastosowania, jak i specyfiki materiału.

1. Frontlit

Frontlity znajdują najbardziej powszechne zastosowanie jako nośnik reklamy, na którą światło pada z przodu. Jest to materiał winylowy przeznaczony do druku jednostronnego. Frontlity różnią się gramaturą, która najczęściej zawiera się w przedziale 440-510 g/m² oraz charakterystyką powierzchni.

2. Backlit

Backlity są tkaniną banerową winylową znajdującą swoje zastosowanie jako nośnik reklam podświetlanych od tyłu. Specjalny materiał, przeznaczony do sitodruku i drukowania wielkoformatowego z zastosowaniem atramentu solwnetowego, idealnie rozprasza światło. Są one produkowane w gramaturze 500 g/m² i 510 gr/m².

3. Mesh

Mesh to materiał poliestrowy o strukturze siatki powlekany PVC. Umożliwia on swobodny przepływ światła i powietrza. Zapewnia dobrą widoczność, dlatego najczęściej wykorzystywany jest jako nośnik reklamy umieszczanej na budynkach. W ofercie posiadamy siatki z podkładem i bez podkładu, z przeplotem i bez przeplotu w gramaturach 240 g/m²-340 g/m².

4. Blockout

Blockout jest materiałem przeznaczonym do zadruku obustronnego z przekładką niwelującą przenikanie światła, przez co obie strony wydruku są równie czytelne (gramatura od 440 do 800 g/m²).

*

Stosowane są także tkaniny poliestrowe o innych powłokach niż PVC, np. o lateksowych lub innych polimerowych. Są to tkaniny wodoodporne, przeznaczone do drukowania kotar, rolet otwartych, podziału powierzchni, dekoracji itp. – produkowane są w gramaturach 110 g/m², 145 g/m², 185 g/m², 280 g/m² oraz tkaniny samoprzylepne jednostronnie powlekane tapetowe – o gramaturze 360 g/m². Tkanina poliestrowa jest materiałem stosowanym do produkcji flag. W tym wypadku tkanina jest powlekana, ma barwę białą, gramaturę 110 g/m² i zazwyczaj jest z podkładem papierowym.

Tkaniny poliestrowe są także stosowane jako tkaniny typu Canvas, tj. jednostronnie powlekane tkaniny o splocie płóciennym do celów artystycznych. Mają one z reguły gramaturę 220 g/m².

Włókniny

Z włóknin najczęściej stosowana jest fizelina lub inne włókniny formowane termicznie lub klejone. Najczęściej wykorzystywane są do drukowania wielkoformatowego tapet, w tym głównie fototapet.

Flizelina (z niem. *Vlieseline*) – włóknina powstała z termicznego połączenia włókien syntetycznych (najczęściej polipropylenowych, polieterosulfonowych), bądź przez ich sklejenia. Stosowana w krawiectwie do usztywniania i modelowania kształtu wyrobów odzieżowych [69]. Włókniny, szczególnie formowane przez klejenie, mogą być wykonywane także z innych tworzyw sztucznych.

W drukowaniu wielkoformatowym fizelina, po uszlachetnieniu, stosowana jest do produkcji podłoży do drukowania tapet ściennych.

Tapety flizelinowe – są to tapety dwuwarstwowe, spodnią warstwę stanowi włóknina np. poliestrowa (flizelina), wierzchnia może być papierowa lub z tworzywa sztucznego (np. spieniona pianka PVC, poliuretan itp.). Wielkim plusem tych tapet jest łatwość obróbki – nie ma potrzeby klejenia i sortowania przyciętych pasów, klejem smaruje się po prostu ścianę, a tapetę rozwija z rolki od razu na tak przygotowane podłoże. Kolejną zaletą jest też łatwość usuwania pasów ze ściany – po prostu ściąga się je ze ściany jak nalepkę. Jedynym mankamentem jest potrzeba użycia specjalnego kleju, ale to niewielki problem. Ten rodzaj tapety jest najczęściej wybierany przez konsumentów.

Powierzchnia tapet, pomimo powlekania, jest najczęściej jeszcze dodatkowo uszlachetniania przez jej moletowanie (tłoczenie) w celu nadania tapecie odpowiedniego wyglądu i odpowiedniej faktury np. skóry, piasku, tkaniny itp.

Materiał tapetowy z fizeliną służy głównie do drukowania fototapet i innych materiałów dekoracyjnych.

Płyty

Płyty są zadrukowywane wielkoformatowym drukiem natryskowym, najczęściej w celach reklamowych lub dekoracyjnych, stosowanych jako:

- stojaki reklamowe,
- ścianki reklamowe,
- stoiska wystawowe itp.

Płyty różnią się budową – od litych, poprzez kanalikowe do kompozytowych oraz materiałem, z którego zostały wykonane; różni je także grubość.

Część płyt wykonana jest z produktów papierowych. Do nich zaliczana jest płyta o nazwie plaster miodu, tektura falista i inne płyty oklejane papierem. Plaster miodu jest najczęściej pokryty papierem białym z dwóch stron, zaś tektura falista jest brązowa lub jednostronnie biała. Niektóre z płyt z tworzyw sztucznych i kompozytów z udziałem blachy aluminiowej mają laminowaną papierem stronę przeznaczoną do zadrukowywania.

Z tworzyw sztucznych stosowane są płyty lite, kanalikowe, piankowe (spienione) oraz kompozytowe.

Z płyt litych stosowane są płyty akrylowe (PMMA). Jest to tzw. szkło akrylowe, nazywane potocznie plexiglasem. Jest ono produkowane w wielu barwach. Kolej-

nym materiałem jest polichlorek winylu twardy i spieniony (PVC), polipropylen (PP), polistyren (PS) i polistyren wysokoudarowy (HIPS). Płyty lite produkowane są także z poliestrów PET G (kopolimer) oraz amorficznego poliestru (APET) oraz poliwęglanu (PC). Są one odpowiednio przygotowywane do drukowania. Płyty piankowe produkowane są także z pianki poliuretanowej (PU).

Płyty kanalikowe i plaster miodu produkowane są najczęściej z polipropylenu (PP).

Płyty kompozytowe to płyty z PVC spienionego z okładzinami z PVC lub płyty aluminiowe z blachy aluminiowej z odpowiednim pokryciem PVC, PE itp.

Zadrukowywane są także płyty aluminiowe ze rdzeniem LDPE. W tym przypadku drukowana blacha aluminiowa.

Nie wszystkie płyty są zadrukowywane, większa ich część przeznaczona jest do celów budowlanych.

7.5. Podłoża do cyfrowych drukarek biurowych

Specyfiką podłoży stosowanych do drukowania w urządzeniach biurowych jest ich ograniczony format – w przypadku drukowania arkuszowego do A4 lub A3. Występują tu też ograniczenia stosowanych gramatur lub grubości. W przypadku urządzeń zwojowych, ograniczona jest szerokość wstęgi. Ponadto stosowane podłoża powinny być w miarę uniwersalne, czyli stosowane do kilku technik czy też urządzeń. Udało się to w zasadzie tylko w przypadku papieru do kopiowania, który jest stosowany – oprócz drukarek laserowych – także w drukarkach natryskowych. Potentaci w produkcji papierów docelowo starają się produkować papiery uniwersalne, tak do techniki natryskowej, jak i elektrofotograficznej, zarówno do drukowania monochromatycznego, jak i wielobarwnego. Oczywiście z wyjątkiem papierów stosowanych do drukowania techniką natryskową zdjęć fotograficznych – w tym przypadku potrzebny jest specjalny do tego celu produkowany papier do drukowania zdjęć metodą natryskową. Jego właściwości i rodzaje przedstawiono w rozdziale 7.2. Produkcja papierów uniwersalnych do czarno-białego i kolorowego drukowania natryskowego oraz elektrofotograficznego jest możliwa dzięki zastosowaniu nanotechnologii [70].

Papier do drukarek natryskowych

Uniwersalny papier do kopiowania, zwany powszechnie także kserograficznym, to najczęściej papier odmiany bezdrzewnej, rzadziej półdrzewnej lub makulaturowej, stosowany w kopiarkach działających według różnych metod utrwalania tonera lub atramentu. Najczęściej jest stosowana metoda utrwalania na ciepło, rzadziej na zimno. Do każdej z metod papier musi mieć nieco inne właściwości.

Papier do kopiowania jest najczęściej wytwarzany jako zaklejony w gramaturach 80, 90 i 100 g/m² w arkuszach A4 lub A3 (rzadziej w gramaturach: 120, 160, 200, 220, 250, 280, 300 g/m²).

Papier do kopiowania jest także produkowany w postaci zwojów, najczęściej o szerokościach 210, 297, 420 mm (rzadziej: 594, 620, 841, 860 mm – papier o tych szerokościach jest wykorzystywany przede wszystkim w zwojowych maszynach cyfrowych). Papier kserograficzny jest najczęściej produkowany w gramaturach 80, 90, 100, 110 i 120 g/m².

Papier do kopiowania (głównie przeznaczony do drukowania, elektrofotograficzny) w zależności od swych właściwości, w tym i od białości, jest produkowany w różnych klasach jakościowych.

Ma on powierzchnię matową lub satynowaną o barwie białej lub innej jasnej, jest także produkowany jako kolorowy. Papier do kopiowania musi się charakteryzować ściśle określoną grubością, sztywnością, gładkością oraz odpowiednimi właściwościami optycznymi (białość CIE, nieprzezroczystość, odcień).

Papier do kopiowania nie jest produkowany w gramaturach poniżej 75 g/m² ze względu na zbyt małą sztywność.

Papier do kopiowania, w zależności od białości CIE (dotyczy tylko papierów białych) i przerabialności (kopiowania z odpowiednią szybkością, bez pylenia papieru i zacięć), produkowany jest w następujących klasach jakościowych (podział ze względu na białość CIE):

- powyżej 166±3 CIE – papier klasy A+ (A plus),
- 165±3 CIE – papier klasy A,
- 155±3 CIE – papier klasy B+ (B plus),
- 146±3 CIE – papier klasy B,
- 136±3 CIE – papier klasy C.

Wyższa białość oznacza zazwyczaj niższą nieprzezroczystość. W związku z tym, do papierów jakości A i A+ stosuje się specjalne wypełniacze, np. strącony węgiel wapnia na nośniku (PCC). Nośnikiem może być np. polistyren. Te specjalne wypełniacze zapewniają stałość nieprzezroczystości, pomimo wzrostu białości CIE. Wypełniacz tego typu jest około dwóch razy droższy od normalnie stosowanych wypełniaczy.

Obecnie podział papierów do kopiowania na klasy jest przestarzały i – w dobie stosowania nanotechnologii w produkcji uniwersalnych papierów do kopiowania – najprawdopodobniej wkrótce zniknie.

Fakt ten powoduje, że papiery klasy A i A+ są drogie. Papier klasy jakościowej A jest niezawodny w przerobie, posiada też wysokie walory estetyczne. Wysoka cena papieru klasy A spowodowała produkcję papieru kserograficznego o właściwościach pośrednich między klasą A i B; papier ten nazywany jest B plus (B+).

Ostatnio zaczęto produkować papiery kserograficzne trójwarstwowe: warstwa środkowa z masy z odzysku (tj. z makulatury), warstwy zewnętrzne z celulozy TCF (lub w układzie trzech takich samych warstw ECF/ECF/ECF) [71]. Jest to tzw.

technologia Triotec® Sandwich Technology. Produkowane są wg tej technologii papiery o gramaturach 80 i 90 g/m². Umożliwia ona zaprojektowanie wewnętrznej części papieru z odzyskanych włókien, co daje wysoką nieprzezroczystość i zbudowanie zewnętrznych warstw z celulozy TCF, co gwarantuje wysoką jakość drukowania.

Na rynku spotykane są także, i to głównie w formacie A4, papiery do kopiowania powlekane. Nie są to jednak specjalne papiery kserograficzne, ale papiery przeznaczone do kolorowego drukowania cyfrowego, w tym drukowania natryskowego.

Papier do kolorowego drukowania natryskowego

Często do drukowania kolorowego natryskowego (w drukarce biurowej) są stosowane papiery do kopiowania (kserograficzne) wyższych klas jakościowych A plus, A, B plus, czasami B.

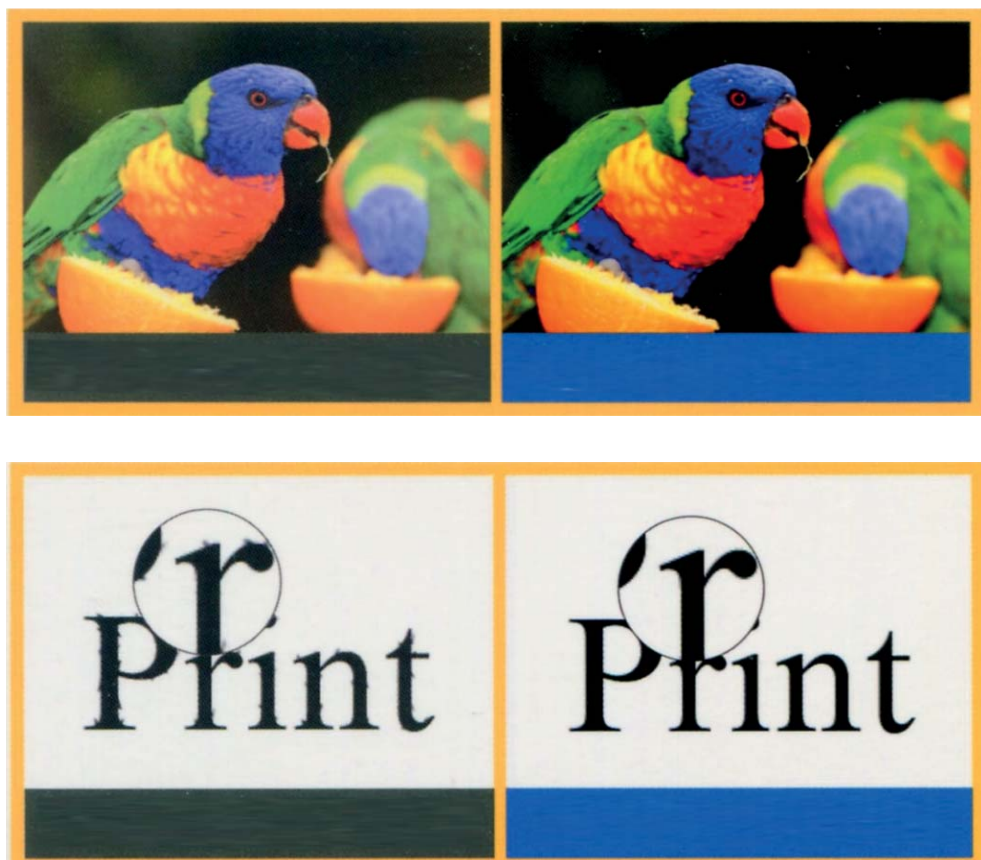
Nie zawsze otrzymuje się druki dobrej jakości. W związku z tym produkuje się także specjalne papiery powlekane do drukowania natryskowego.

Przyczyną takiego postępowania jest fakt, że kolorowe farby (atramenty) do drukowania natryskowego są najczęściej atramentami wodnymi. Krople atramentu nałożone na papier muszą szybko schnąć, dlatego też papier musi mieć odpowiednio spreparowaną powierzchnię. Taką powierzchnię uzyskuje się przez specjalne powierzchniowe zaklejenie, a następnie powleczenie powłoką absorpcyjną. Tego typu papiery są najczęściej produkowane w odmianie bezdrzewnej oraz w gramaturach 70 i 80 g/m².

Ostatnio, na targach drupa 2016, koncern April Fine Paper Trading Pte. Ltd z Singapuru oferował swoje bezdrzewne niepowlekane warstwą pigmentową papiery do prac biurowych z rodziny PaperOne, w tym papier do drukowania cyfrowego (uniwersalny do techniki elektrofotograficznej i natryskowej) pod nawą PaperOne Digital. Są to papiery produkowane z włókna pierwotnego, z drewna pochodzącego w 100% z plantacji z certyfikatami PEFC, bielone metodą ECF, wykonane w opatentowanej technologii ProDigi Nanotechnology. Nanotechnologia została zastosowana do produkcji papierów przeznaczonych do drukowania w drukarkach biurowych i przemysłowych, działających na zasadzie elektrofotografii i drukowania natryskowego. Jakim procesem z wykorzystaniem nanotechnologii uszlachetniono papiery, nie podano. Najprawdopodobniej zostały one powleczone (pokryte) powłoką nano, jedną z odmian nanocelulozy. Przedstawiono tylko zalety papierów z zastosowaniem nanotechnologii w stosunku do ich poprzedników, produkowanych bez związków nano.

Papiery PaperOne All Purpose wykonane w technologii ProDigi, przeznaczone są do biurowych drukarek laserowych i natryskowych, zaś papiery PaperOne Digital, wytworzone w tej samej technologii, mogą być stosowane do przemysłowego drukowania cyfrowego elektrofotograficznego i natryskowego. Papiery są produkowane

w gramaturach 85 i 100 g/m². Zastosowanie nanotechnologii powoduje polepszenie jakości uzyskiwanych odbitek, objawiające się: lepszym oddaniem kolorów, szybszym czasem utrwalania się tonerów i atramentów, brakiem krwawienia tonerów i atramentów oraz brakiem „poszarpanych krawędzi” przy drukowanym tekście [70, 72].



Rys. 7.32. Porównanie jakości druku natryskowego wykonanego na zwykłym papierze do prac biurowych (a) i papierze wykonanym w nanotechnologii (b)

Źródło: *For Better Digital Color Printing*, „ProDigi Nanotechnology”, materiał informacyjny firmy April Fine Paper Trading, maj 2016 r.

Papiery „fotograficzne” po zadrukowaniu mają naśladować tradycyjną fotografię, zarówno pod względem jakości wydruku, jak i wyglądu podłoża (odpowiednia grubość, sztywność i połysk). Używane są do obrazów o wysokiej intensywności i jednocześnie dużej wierności barwy. Jest to papier dwustronnie powlekany ekstruzyjnie polietylenem, o gramaturze 70-150 g/m². Z jednej strony jego powłoka jest biała, o dużej nieprzezroczystości (> 90%) – uzyskuje się ją przez dodanie do

polietylenu bieli tytanowej, a następnie potraktowanie wyładowaniami koronowymi i powleczenie roztworami lub dyspersjami polimerowymi, mającymi charakter super absorbentów.

Z drugiej strony powłoka jest przezroczysta. Podobne parametry posiadają papiery jednostronnie powlekane (klasyczną mieszanką powlekającą) z połyskiem, przeznaczone do drukowania zdjęć. Właściwości papierów stosowanych do drukowania zdjęć fotograficznych, tak biurowych, jak i przemysłowych są identycznie i zostały dokładnie opisane w rozdziale 7.2.

Papiery samokopiujące do drukarek natryskowych

Praktycznie jedynym producentem papierów samokopiujących, przeznaczonych do drukowania natryskowego w drukarkach natryskowych, jest firma Mitsubishi Hitec Paper Europe, produkująca papiery samokopiujące na terenie Niemiec. Papier samokopiujący do drukarek natryskowych biurowych produkowany jest w gramaturze 80 g/m² i formacie A4.

Papier do drukarek ink-jet [73]:

- format A4, biały,
- zakres kopiowania 360-720 dpi,
- tylko system SC ze specjalnymi papierami wierzchnimi, przeznaczonymi do drukowania oryginału,
- trzy różne rodzaje zestawów dwukartkowych (z różnymi specjalnymi papierami wierzchnimi i tym samym papierem spodnim z warstwą SC) do różnych zastosowań z różną jakością uzyskiwanych druków. Papiery wierzchnie, w zależności od zastosowań, nie mają powłoki lub mają powłokę spodnią albo powłokę wierzchnią.

W systemie **standard** papier przeznaczony na oryginał jest papierem niepowlekanym.

W systemie **super**, gdzie są kopiowane skomplikowane teksty i tabele, papier przeznaczony na oryginał jest powlekany od spodu. W ten sposób uzyskuje się lepszy kontakt z powłoką SC, a co za tym idzie – wyższą rozdzielczość kopii.

W systemie **foto** papier przeznaczony do drukowania oryginału ma specjalną matową powłokę wierzchnią, zapewniającą odpowiednią rozdzielczość, niezbędną do drukowania wielobarwnych zdjęć.

Do prac biurowych stosowane są papierowe materiały samoprzylepne w formacie A4, często z podziałem na różnej wielkości etykiety. Papier wierzchni musi być papierem dostosowanym do drukowania natryskowego.

Niepapierowe podłoża do biurowych cyfrowych drukarek natryskowych

Są to najczęściej specjalnie powlekane folie PET (z poli(tereftalanu etylenu)) lub/i PC (poliwęglany) o grubościach 50-100 µm. Powłoki umożliwiają drukowanie

na folii za pomocą techniki natryskowej. Są to specjalne powłoki. Oczywiście inne do monochromatycznego i wielobarwnego drukowania. Stosowane są także folie samoprzylepne w postaci arkuszy A4 całościowe oraz dzielone na różnej wielkości użytki (etykiety).

Literatura

- [1] Jakucewicz S., *Techniki drukowania opakowań*, „Opakowanie”, nr 2, 2015, s. 69.
- [2] <http://fabrykareklamy.tychy.pl/index.html> (dostęp z dnia 15.12.2016).
- [3] <http://marketingowy-czar.blog.onet.pl/nosniki-reklamowe-co-to-takiego-jakie-nosniki-mozemy-wyroznic/> (dostęp z dnia 16.12.2016).
- [4] Kraushaar A., PDS, Process Standard Digital Handbook 2016 Step by Step toward Printing the Expected, Fogra Graphic Technology Research Association, Monachium 2016.
- [5] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/billboardy> (dostęp z dnia 18.12.2016).
- [6] Jakucewicz S., *Drupa a papiery do drukowania cyfrowego (digitalnego)*, „Świat Druku”, nr 9, 2000, ss. 40-43.
- [7] Jakucewicz S., *Drupa 2000*, „Przegląd Papierniczy”, nr 6, 2000, ss. 347-350.
- [8] Jakucewicz S., *Papier do drukowania: właściwości i rodzaje*, Michael Huber Polska, Warszawa 2010, s. 309.
- [9] http://www.frubo.com/images/pdf/Types_of_Inkjetpaper-Overview.pdf (dostęp z dnia 26.12.2016).
- [10] Piłczyńska K.T., *Wpływ parametrów papieru offsetowego na jakość zadruku cyfrowego natryskowego*, Politechnika Warszawska – Wydział Inżynierii Produkcji, Rozprawa doktorska, Warszawa 2015.
- [11] Piłczyńska K., Jakucewicz S., *Defining Parameters of Offset Papers Suitable for Ink-jet Printing*, „Acta Poligraphica”, nr 7, 2016, ss. 15-20.
- [12] Benda A.F., *Materiały nanotechnologii w poligrafii*, część 3, Nanolitografia. Nanotechnologii i materiały nanotechnologii w poligrafii, Moskwa 2015, ss. 151-173.
- [13] http://www.poligrafika.pl/SI_pdf/SIP_10_08_2015.pdf (dostęp z dnia 04.01.2017).
- [14] *UPM_Making_Paper_brochure_web_19186_0.pdf* (dostęp z dnia 31.08.2015).
- [15] Leks-Stępień J., *Porównanie drukowności wybranych papierów do drukarek ink-jet*, „Przegląd Papierniczy”, nr 7, 2001, ss. 433-435.
- [16] Graczyk T., *Bardzo szybki druk zwojowy inkjet*, „Przegląd Papierniczy”, nr 4, 2013, ss. 217-221.
- [17] Anom: *Papiery dla szybkiego inkjetu*, „Poligrafika”, nr 12, 2014, ss. 42-45.
- [18] www.colorprotechnology.com, Technologia ColorPro (dostęp z dnia 25.07.2015).
- [19] Jakucewicz S., *Papiery do drukowania a techniki drukowania*, „Przegląd Papierniczy”, nr 10, 2013, ss. 509-513.
- [20] www.clorlok.com, Technologia ColorLok (dostęp z dnia 05.06.2015).
- [21] www.internationalpaper.com, Informacje International paper (dostęp z dnia 21.07.2015).
- [22] www.vytiskni.cz, Technologia ColorLok (dostęp z dnia 21.07.2015).
- [23] Piłczyńska K., Jakucewicz S., *Papier do przemysłowego drukowania natryskowego*, „Przegląd Papierniczy”, nr 10, 2013, ss. 531-533.
- [24] Materiały informacyjne firmy Mitsubishi Hitec Paper Europe, drupa, maj 2016.
- [25] Jakucewicz S., Piłczyńska K., *Printing electronic using ink-jet technique*, Kwalilogija Knigi, 2014, ISBN 966-322-080-5, Ukraińska Akademia Drukarstwa, Lviv 2014, ss.11-16.

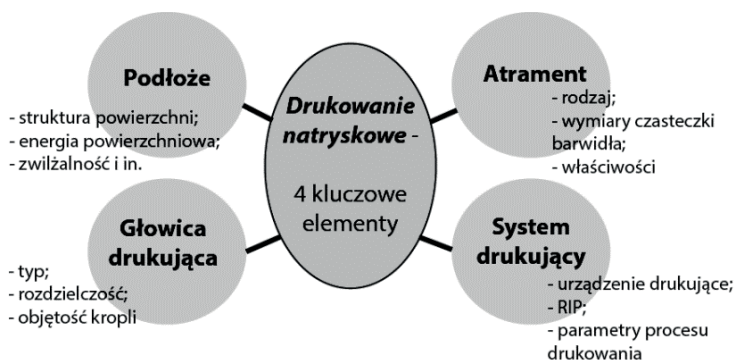
- [26] http://www.felix-schoeller.com/de_de/business-unit/weitere-spezialpapiere/p-esmartr.html (dostęp z dnia 05.01. 2017).
- [27] Khadzynova S., Jakucewicz S., *Bezpośredni zadruk tektury falistej w technologii drukowania natryskowego*, „Przegląd Papierniczy”, nr 9, 2016, ss. 554-558.
- [28] MD Series of UV. Flatbed Printers Model MD660, MD1000. http://www.inxinternational.com/mdevolve/MD660_1000Brochure.pdf (dostęp z dnia 12.07.2015).
- [29] Jakucewicz S., *Opakowania metalowe i ich zadrukowywanie*, „Opakowanie”, nr 7, 2014, ss. 16-19.
- [30] Hinterkopf Captures InterTech Technology Award. Friday, August 15, 2014. <http://what-theythink.com/news/69876-hinterkopf-captures-intertech-technologyaward/> (dostęp z dnia 12.05.2015).
- [31] UV Digital Cylindrical Printer Model CP100, <http://www.inxinternational.com/cpevolve/cp100brochure.pdf> (dostęp z dnia 12.07.2015).
- [32] Liberty Bottleworks Study. INX Digital CP100 Cylindrical Printers Help Launch a Uniquely American Enterprise, http://www.inxinternational.com/cpevolve/liberty_bottle_case_study5.11.pdf (dostęp z dnia 12.07.2015).
- [33] Hinterkopf Technology Partnership. D240 Digital Printer for Cylindrical Hollow Bodies, http://hinterkopf.de/images/stories/_DOWNLOAD/d240_en.pdf (dostęp z dnia 12.07.2015).
- [34] Dzbański D.P., Jakucewicz S., *Podłoża do wielkoformatowego drukowania ink-jet*, „Poligrafika”, nr 3, 2005, z. 2, 2005, ss. 30-34.
- [35] Jakucewicz S., *Papier do drukowania – właściwości i rodzaje*, Michael Huber Polska, Warszawa 2010.
- [36] Drzewińska E., *Materiały do drukarek ink-jet*, „Przegląd Papierniczy” nr 5, 2007, ss. 287-291.
- [37] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Banner> (dostęp z dnia 08.01.2017).
- [38] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/bannery> (dostęp z dnia 08.01.2017).
- [39] http://www.banery.waw.pl/banery/materiały_banerowe.html (dostęp z dnia 09.01.2017).
- [40] [https://pl.wikipedia.org/wiki/Billboard_\(reklama\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Billboard_(reklama)) (dostęp z dnia 09.01.2017).
- [41] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/billboardy> (dostęp z dnia 09.01.2017).
- [42] <http://www.bigerdruk.pl/materiały-do-backlight-ow> (dostęp z dnia 10.01.2017).
- [43] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Citylight> (dostęp z dnia 10.01.2017).
- [44] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/citylighty> (dostęp z dnia 10.01.2017).
- [45] http://www.eclipse-print.com/images/illustrations/ilustr_09_dekorace.jpg (dostęp z dnia 10.01.2017).
- [46] <https://pl.wikipedia.org/wiki/POSM> (dostęp z dnia 10.01.2017).
- [47] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/displaye-sklepowe> (dostęp z dnia 10.01.2017).
- [48] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/flagi> (dostęp z dnia 10.01.2017).
- [49] https://pl.wikipedia.org/wiki/Reklama_tranzytowa (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [50] https://www.integart.com.pl/file/uploads/pdf/owv_-_aplikacja.pdf (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [51] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/grafiki-okienne> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [52] http://www.reklama-na-pojazdach.com.pl/omnidruk/floor_3.html (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [53] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/grafiki-podlogowe> (dostęp z dnia 13.01.2017).

- [54] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/grafiki-samochodowe> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [55] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Megaboard> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [56] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/megaboardy> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [57] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Plandeka> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [58] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/plandeki> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [59] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/podkladki-pod-mysz> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [60] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/pos-standy> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [61] http://www.exposs.pl/slownik_wyrazen_reklamowych.php (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [62] <http://www.owz.pl/owz+ramy.html> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [63] <http://www.jansen-display.pl/stojaki-na-plakaty.html> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [64] <http://www.eclipse-print.com/index.php/pl/produkty/produkty-dmuchane> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [65] <http://reklama.wikidot.com/roll-up> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [66] <http://www.polskibiznes.info/wp-content/uploads/2015/10/rollups1-1024x625.jpg> (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [67] http://www.exposs.pl/slownik_wyrazen_reklamowych.php (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [68] http://www.mediapress.net.pl/data/images/systemy_aluminiowe9.jpg (dostęp z dnia 13.01.2017).
- [69] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Flizelina> (dostęp z dnia 19.01.2017).
- [70] Jakucewicz S., *Cyfra i Nano*, „Poligrafika”, nr 10, 2016, s. 66-67.
- [71] <http://www.europapier.com/pl/service/knowhow/technologie-triotech> (dostęp z dnia 08.08.2014).
- [72] For Better Digital Color Printing „ProDigi Nanotechnology”, materiał informacyjny firmy April Fine Paper Trading, maj 2016 r.
- [73] Giroform INK, Mitsubishi HiTec Paper Bielefeld GmbH, 2004.

8. JAKOŚĆ ODBITEK NATRYSKOWYCH

Jakość odbitek jest uzależniona od wielu czynników. Należą do nich: rodzaj techniki drukowania, urządzenie drukujące i parametry procesu drukowania, właściwości farby oraz właściwości podłoża zadrukowanego (papieru). W procesie drukowania cyfrowego nie wykorzystuje się klasycznej formy drukowej, a każdy element obrazu odbitki jest zbudowany z pojedynczych pikseli. W przypadku drukowania natryskowego można wyróżnić cztery kluczowe elementy (rys. 8.1), mające wpływ na jakość nadruku [1]:

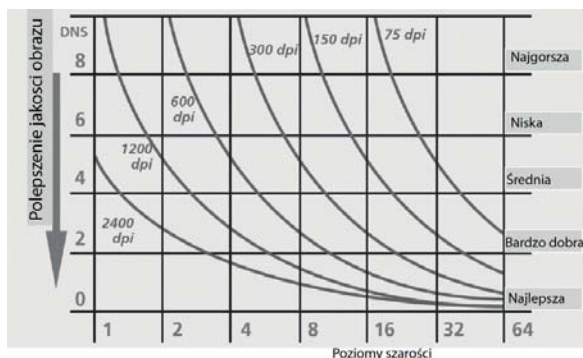
- głowica drukująca (typ, rozdzielczość, objętość generowanych kropeł i in.),
- urządzenie drukujące, RIP i parametry procesu drukowania,
- atrament (rodzaj, wymiary cząsteczek barwidła i właściwości atramentu),
- podłoże zadrukowywane (struktura powierzchni, energia powierzchniowa, zwilżalność i in.).



Rys. 8.1. Najważniejsze elementy, które mają wpływ na jakość nadruku

Źródło: Chin-Tai Chen. *Inkjet Printing of Microcomponents: Theory, Design, Characteristics and Applications*, <http://cdn.intechopen.com/pdfs/24443.pdf> (dostęp z dnia 10.06.2017).

Jakość nadruku w drukowaniu natryskowym przez długi czas była ograniczana przez niższą, w stosunku na przykład do elektrofotografii, rozdzielczością głowic drukujących. Obecnie ta bariera została pokonana – są głowice drukujące o fizycznej rozdzielczości 1200 dpi i wyższej, które drukują krople o objętości ok. 1 pl. Dodatkowo, dzięki technologii Greyscale, można uzyskać wyższą jakość nadruku (rys. 8.2).

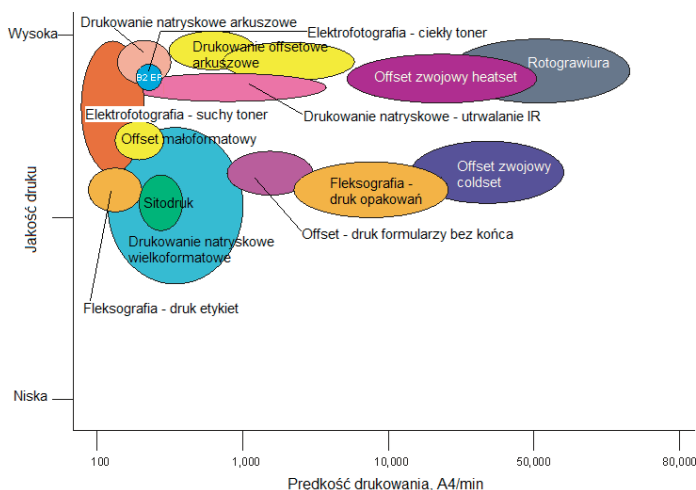


Rys. 8.2. Jakość obrazu w zależności od rozdzielczości oraz trybu Greyscale

Źródło: Cahill. V. *Introduction to Digital Printing Technology*, <http://www.techexchange.com/library/An%20Introduction%20to%20Digital%20Printing%20Technology.pdf> (dostęp z dnia 10.06.2017).

Co się tyczy drukowania nakładowego, to nadal problemem jest uzyskanie wysokiej jakości nadruku na różnych rodzajach podłoża (chłonnych i niechłonnych). Producenci maszyn natryskowych rozwiązują ten problem w różny sposób, a najbardziej rozpowszechnione rozwiązanie w tym zakresie to zastosowanie primera lub atramentów termotopliwych, ewentualnie pośrednie przenoszenie za pomocą podgrzanego pasa, gdzie w momencie przenoszenia warstwa nadruku stapia się i przylepia do powierzchni podłoża (nanografia).

Na rysunku 8.3 przedstawiono porównanie jakości i wydajności drukowania natryskowego w odniesieniu do innych technik drukowania cyfrowego i analogowego (klasycznego).



Rys. 8.3. Porównanie jakości druku i wydajności w różnych technikach drukowania cyfrowego i analogowego (klasycznego)

Źródło: Waite N., *Overview of Global Printing Industry*. Graphispag Digital, Barcelona, April 2013, http://media.frabcon.es/content/5049013/docs/ponencias/Ppt_Waite_Nick.pdf (dostęp z dnia 10.02.2014).

8.1. Standaryzacja jakości odbitek cyfrowych

Specyfika powstania obrazu w drukowaniu cyfrowym (obraz składa się z pojedynczych pikseli) narzuca pewne dodatkowe wymagania co do oceny jakości odbitki. Dotychczas, oceniając jakość odbitek cyfrowych, wzorowano się na jakości nadruku, którą osiąga się w drukowaniu offsetowym. Są jednak także specyficzne parametry jakościowe, które zostały opracowane specjalnie pod kątem odbitek cyfrowych. Zostały one ujęte najpierw w normie ISO/IEC 13660:2001 [2], która została zastąpiona normą ISO/IEC TS 24790:2012 [3]. W standardzie tym przewidziano szereg parametrów jakościowych, na których podstawie można oceniać jakość druków.

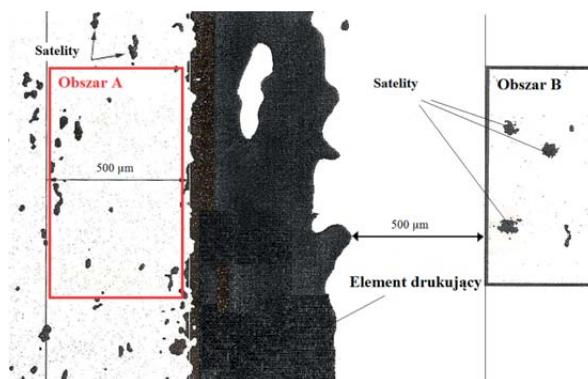
Pierwsza grupa parametrów dotyczy oceny jakości powierzchni zrastrowanych, apli lub obszarów niezadrukowanych:

- gęstość optyczna nadruku dla dużych obszarów (*darkness, large area*),
- zabrudzenia tła (*background haze*), dotyczy obszaru niezadrukowanego,
- ziarnistość nadruku (*graininess*),
- mottling nadruku (*mottle*),
- satelity w obszarze niezadrukowanym (*extraneous marks, background*),
- miejsca niezadrukowane w dużych obszarach nadruku (*voids*).

Pozostałe dotyczą oceny jakości nadruku linii i czcionki:

- rozmycie krawędzi linii/czcionki (*blurriness*),
- strzępiastość krawędzi linii/czcionki (*raggedness*),
- szerokość linii (*line width*),
- gęstość optyczna nadruku linii/czcionki (*darkness*),
- kontrast (*contrast*),
- wypełnienie/zalewka (*fill*),
- satelity w obszarze linii/czcionki (*extraneous marks, character field*),
- zabrudzenie tła w obszarze linii/czcionki (*background haze, character field*).

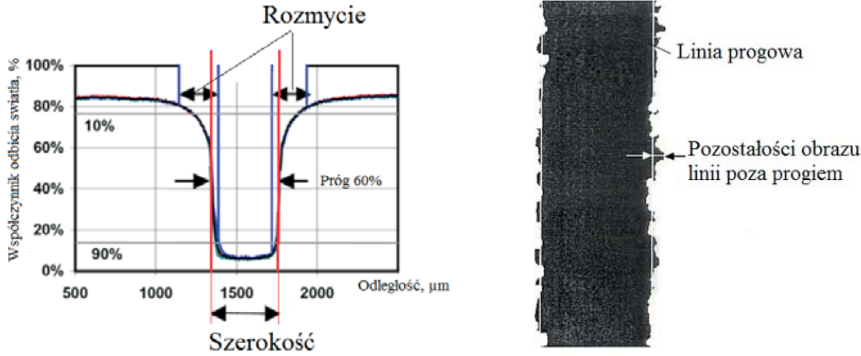
Różnica między obszarem niezadrukowanym a obszarem elementu drukującego (linii/czcionki) polega na odległości obszaru bez nadruku, na którym dokonywano pomiaru, od elementu drukującego. Na obszarze niezadrukowanym – znajdującym się w odległości ponad 500 μm od elementu drukującego – dokonywano pomiaru satelitów i zabrudzeń charakteryzujących jakość powierzchni niezadrukowanej. Na obszarze linii/czcionki – powierzchni bezpośrednio przylegającej do pola znaku drukującego (linii/czcionki) – do 500 μm – dokonuje się pomiaru satelitów i zabrudzeń w obszarze linii/czcionki (rys. 8.4). Różnica między satelitami i zabrudzeniami polega na wymiarach tych elementów. Satelity mają ponad 100 μm , a mniejsze cząsteczki klasyfikowane są jako zabrudzenia. Na szczegółowe wy tłumaczenie zasługuje parametr mottlingu i ziarnistości oraz parametry jakościowe linii.



Rys. 8.4. Rozróżnianie obszaru przylegającego bezpośrednio do elementu drukującego oraz obszaru niezadrukowanego. Obszar A zawiera satelity i zabrudzenia w obszarze linii/czcionki; obszar B zawiera satelity i zabrudzenia w obszarze niezadrukowanym
Źródło: opracowanie własne.

Mottling w klasycznych technikach drukowania jest określany jako wada odbitek, przejawiająca się w nierównomierności lub niejednorodności nadrukowanego obszaru w postaci apli lub pola zrastowanego i oceniany jest wizualnie. Określenie tego parametru dla odbitek cyfrowych jest bardzo ważne ze względu na mechanizm powstania obrazu cyfrowego. Niejednorodność nadruku cyfrowego może być zdefiniowana w dwóch przedziałach: w skali mikro niejednorodność jest określana jako ziarnistość, a w skali makro – jako mottling. Określenie tych parametrów zgodnie z ISO/IEC 13660:2001 polega na zbadaniu obszaru pomiarowego o wielkości co najmniej 161 mm² (powierzchnia kwadratu o wymiarach 12,7 × 12,7 mm). Obszar ten dzieli się na co najmniej 100 jednakowych nienachodzących na siebie komórek kwadratowych o powierzchni co najmniej 1,61 mm² (pojedyncza komórka kwadratowa o wymiarach 1,27 × 1,27 mm). Wewnątrz każdej komórki dokonywanych jest 900 pomiarów gęstości optycznej. Dla każdej komórki liczona jest średnia wartość oraz odchylenie standardowe z 900 pomiarów gęstości optycznej. Średnie odchylenie standardowe daje wynik ziarnistości. Mottling jest to odchylenie standardowe gęstości optycznej pomiędzy komórkami. Ziarnistość charakteryzuje wahania gęstości optycznej wewnątrz jednej komórki, a mottling – pomiędzy komórkami [4].

Parametry jakościowe nadruku linii to: szerokość, rozmycie i strzępiastość. Szerokość linii jest to średnia wartość szerokości linii mierzonej od krawędzi do krawędzi progu wzdłuż linii normalnej (co najmniej 600 pomiarów na cal). Rozmycie linii jest to parametr określający szerokość strefy przejścia od maksymalnie nasyczonego nadruku linii do podłoża niezadrukowanego. Strzępiastość charakteryzuje nierówności krawędzi linii. Jest zdefiniowana jako odchylenie standardowe pozostałości obrazu linii poza progiem określającym szerokość linii (rys. 8.5).



Rys. 8.5. Profil linii uzyskany za pomocą urządzenia IAS (Qea) z zaznaczonymi parametrami – szerokości linii i rozmycia linii (a); określenie strzępiatości linii (b)

Źródło: a – oprac. własne, b – ISO/IEC 13660:2001. *Information technology. Office equipment. Measurement of image quality attributes for hardcopy output. Binary monochrome text and graphic images.*

W normach ISO/IEC 13660:2001 oraz ISO/IEC TS 24790:2012 parametry jakościowe odbitek cyfrowych zostały tylko zdefiniowane, ale nie podano docelowych wartości ilościowych, w granicach których może się zmieniać ten czy inny parametr jakościowy. Obecnie trwają prace nad nową serią norm ISO 15311 poświęconych ocenie jakości odbitek cyfrowych oraz opracowano procedurę standaryzacji procesu drukowania cyfrowego (PSD) [5, 6]. Seria norm ISO 15311 nie przewiduje podziału na poszczególne techniki drukowania cyfrowego i będzie się składać z trzech części. Pierwsza będzie zawierać definicje podstawowych parametrów jakościowych i określać metodykę ich pomiaru [5]. Część druga dotyczyć będzie jakości odbitek produkcyjnych/nakładowych, a trzecia – odbitek wielkoformatowych. W normie przewidziano trzy kategorie jakości – A, B i C, dopasowane do rodzaju produkcji. Oceniane parametry jakościowe zostały zgrupowane w trzech grupach: dokładność reprodukcji barwy, ostrość i dokładność odwzorowania szczegółów nadruku oraz jednorodność nadruku (tabela 8.1) i dla tych parametrów będzie określony zakres wartości dla trzech kategorii (A, B i C).

Grupa pierwsza – dokładność reprodukcji barw – zawiera następujące kryteria jakości: rastrowa wartość tonalna; współrzędne barwy i różnica barw, gęstość optyczna; krzywa drukowania; rozpiętość barw; zgodność barw nadruku apli i przyrostu rastrowej wartości tonalnej z normą ISO 12647-2.

Grupa druga – ostrość i dokładność odwzorowania szczegółów nadruku – zawiera takie kryteria jakości, jak: rozdzielczość; zakres odwzorowania tonów; przyrost rastrowej wartości tonalnej; spasowanie separacji barwnych na arkuszu oraz obrazu na awersie i rewersie arkusza; parametry jakościowe nadruku linii.

Jednorodność nadruku (grupa trzecia) będzie oceniana na podstawie: jednorodności nadruku na powierzchni arkusza, jednorodności nadruku w trakcie drukowania nakładu oraz jednorodności w obszarach nadruku (mottling).

Tabela 8.1. Trzy grupy parametrów jakościowych odbitek cyfrowych zgodnie z ISO 15311

Grupy parametrów jakościowych	Kryteria oceny jakości	Typowy sposób oceny
Reprodukcja barwy (dokładność odwzorowania barwy)	<ul style="list-style-type: none"> – Pokrycie całkowite obszaru, – Odchylenia kolorymetryczne i densytometryczne, – Krzywe drukowania, – Gamut barw (rozpiętość barw), – Zgodność barwy nadruku apli oraz przyrostu rastrowej wartości tonalnej z wartościami z normy ISO 12647-2. 	<ul style="list-style-type: none"> – Pomiar barwy i określenie różnicy barw na paskach (polach) kolorystycznych i tabelach testowych
Ostrość detali/szczegółów	<ul style="list-style-type: none"> – Rozdzielczość, – Zakres reprodukcji tonalnej, – Przyrost rastrowej wartości tonalnej, – Niespasowanie: „obraz-do-obrazu”, „obraz-do-krawędzi”, „awers-rewers”. 	<ul style="list-style-type: none"> – Gwiazda Siemens (wizualnie) – Pasek kontrolny (wizualnie) – Znaczniki cięcia (wizualnie i pomiarowo) – Rozmycie i strzępiastość linii
Jednorodność (równomierność) nadruku	<ul style="list-style-type: none"> – Jednorodność nadruku na powierzchni arkusza drukarskiego, – Jednorodność w trakcie drukowania nakładu, – Jednorodność nadruku na dużych obszarach obrazu (paskowanie). 	<ul style="list-style-type: none"> – Profile gęstości optycznej, – Dziesięciopunktowy pomiar jednorodności nadruku na arkuszu zgodnie z ISO 12647-7, – pomiar M-Score zgodnie z ISO 15311-1.

Źródło: [5].

Odbitki przeznaczone do eksponowania na zewnątrz (odbitki wielkoformatowe) zwykle narażone są na większe działania czynników zewnętrznych: światła, wody, ciepła, ozonu oraz dobowych i sezonowych wahań klimatu. Z tego powodu, dodatkowo, powinny charakteryzować się takimi parametrami, jak:

- światłotrwałość,
- odporność na działanie wiatru,
- stabilność termiczna,
- określony okres żywotności druku,
- wodoodporność,
- odporność na zarysowania,
- odporności na ścieranie.

8.2. Błędy w drukowaniu natryskowym

Mottling

W wypadku wystąpienia mottlingu, w procesie drukowania uzyskuje się niejednorodne aple, które wykazują charakterystyczny nakrapiany wygląd (ciemniejsze plamy, przypominające chmury).



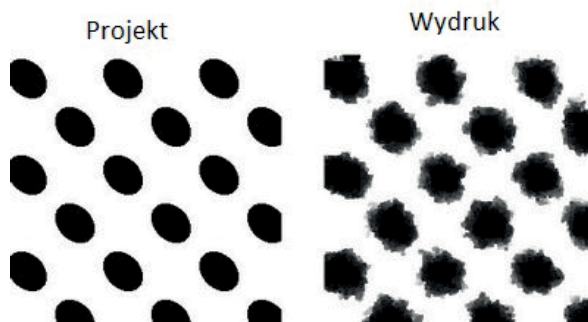
Rys. 8.6. Mottling

Źródło: Problemlösungskatalog Inkjet, http://www.sihl.com/downloads/company/download/troubleshooting_guide-inkjet_d.pdf (dostęp z dnia 02.02.2015).

Przyczyn występowania mottlingu można upatrywać w zróżnicowanej wielkości natryskiwanych kropeł atramentu lub w nierównomiernej chłonności podłoża drukowego [7].

Rozlewanie się atramentu (ang. *spreading*)

Termin ten odnosi się do rozprzestrzeniania się nadruku we wszystkich kierunkach poza zadany obszar [7].

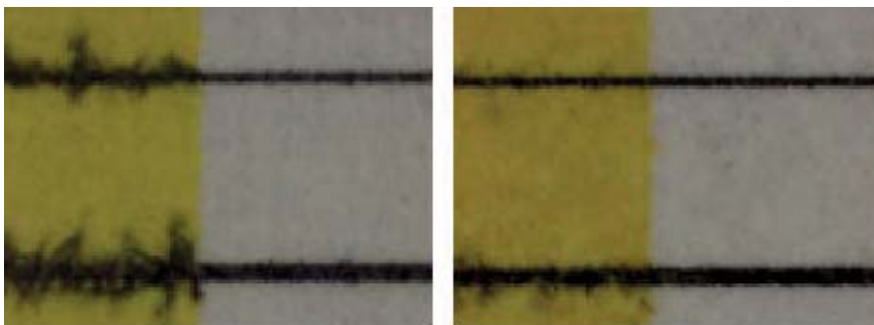


Rys. 8.7. Przykład rozlewania się atramentu

Źródło: Rychter P., Analiza błędów w druku natryskowym na tworzywach sztucznych i sposoby ich eliminacji, praca dyplomowa magisterska wykonana w Instytucie Papiernictwa i Poligrafii Politechniki Łódzkiej, Łódź 2015, s. 14.

Krwawienie (ang. *bleeding*)

O krwawieniu druku mówi się w momencie, kiedy na granicy dwóch nadrukowanych atramentów o różnych kolorach następuje ich wzajemne, niepożądane przenikanie. Najczęściej *bleeding* jest spowodowany mieszaniem się dwóch przylegających kropel atramentu przed ich utrwaleniem na podłożu. Źródłem tego problemu może być zbyt niska chłonność podłoża lub niewystarczająca adhezja farby z podłożem [7].



Rys. 8.8. Przykłady bleeding

Źródło: Menin G., Johnson K., *The Impact of Third-Party Inks on Image Quality*. W: *PICS 2003: Image Processing, Image Quality, Image Capture Systems Conference, including MCS/05 Fifth International Symposium on Multispectral Color Science* Rochester, NY; May 13, 2003; pp. 370-375.

Paskowanie (ang. *banding*)

Objawia się w postaci równomiernie rozmieszczonych, prostych linii, ułożonych w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu głowicy drukującej. Możliwy jest również podobny efekt w kierunku prostopadłym, jednak występuje znacznie rzadziej. Najczęściej błąd ten powstaje w wyniku zatkania dysz drukujących lub złego wyrównania głowicy. Innym źródłem powstawania bandingu może być konwergencja nieutralowanego atramentu przed jego wnikiemiem w zadrukowywany materiał [7].



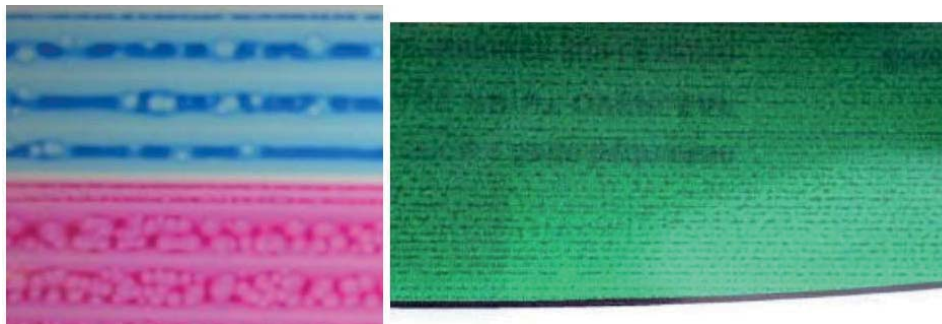
Rys. 8.9. Przykłady bandingu

Źródło: Rychter P., *Analiza błędów w druku natryskowym na tworzywach sztucznych i sposoby ich eliminacji*, praca dyplomowa magisterska wykonana w Instytucie Papiernictwa i Poligrafii Politechniki Łódzkiej, Łódź 2015, s. 16.

Koalescencja (niejednorodność)

Niejednorodność powierzchni nadruku charakteryzująca się występowaniem zgrupowań kropeł atramentu.

Efekt koalescencji powstaje w momencie, kiedy nanoszone krople atramentu nie utrwalają się na czas. W wyniku tego łączą się w skupiska, które mają problem z wnikięciem w strukturę materiału i zostają utrwalone na jego powierzchni. Efekt ten może również potęgować wysoki stopień zaklejenia (niska chłonność) zadrukowanego materiału [8].



Rys. 8.10. Przykłady koalescencji

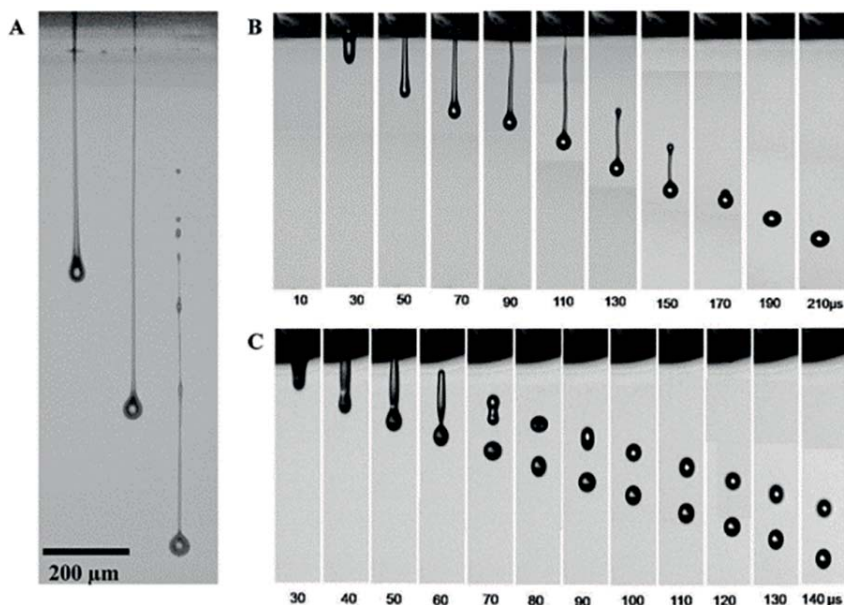
Źródło: Problemlösungskatalog Inkjet, http://www.sihl.com/downloads/company/download/troubleshooting_guide-inkjet_d.pdf (dostęp z dnia 02.02.2015).

Cockling

Termin Cockling odnosi się do silnego falowania się papieru w trakcie drukowania lub po jego zakończeniu. Ze względu na trwałość tego efektu, dzieli się go na falowanie mokre (niwelowane w procesie suszenia nadruku) oraz falowanie suche (nie podlegające zniwelowaniu przy suszeniu). Główną przyczyną powstawania pofalowania powierzchni odbitki jest pęcznienie papieru pod wpływem wody zawartej w atramencie w wypadku drukowania powierzchni o dużym stopniu pokrycia. Dodatkowo efekt ten może potęgować stosowanie podłoża papierowego o zbyt niskim stopniu zaklejenia [7].

Krople-satelite (ang. *satelite drops*)

Mianem satelit określa się liczne krople atramentu upadające w obszarze przylegającym do obszaru zadruku. Mogą powstawać w momencie, kiedy od kropli atramentu padającej na podłoże odrywają się w locie mniejsze krople. Może to być spowodowane zbyt długą drogą, jaką kropla przebywa pomiędzy głowicą a podłożem drukowym bądź też zanieczyszczeniem samej głowicy drukującej, która wystrzeliwuje niejednorodne krople [7].



Rys. 8.11. Mechanizm powstawania satelit

Źródło: Rychter P., *Analiza błędów w druku natryskowym na tworzywach sztucznych i sposoby ich eliminacji*, praca dyplomowa magisterska wykonana w Instytucie Papiernictwa i Poligrafii Politechniki Łódzkiej, Łódź 2015, s. 18.

Literatura

- [1] Chin-Tai Chen., *Inkjet Printing of Microcomponents: Theory, Design, Characteristics and Applications*, Chapter 3, <http://cdn.intechopen.com/pdfs/24443.pdf> (dostęp z dnia 10.06.2017).
- [2] ISO/IEC 13660:2001. Information technology. Office equipment. Measurement of image quality attributes for hardcopy output. Binary monochrome text and graphic images (dostęp z dnia 10.06.2017).
- [3] ISO/IEC TS 24790:2012. Information technology – Office equipment – Measurement of image quality attributes for hardcopy output. Monochrome text and graphic images.
- [4] Khadzhynova S., *Ocena jakości odbitek w technikach drukowania klasycznego i cyfrowego*, „Przegląd Papierniczy”, nr 4 (72), 2016, ss. 216-218.
- [5] ISO/TS 15311-1:2016 Graphic technology – Requirements for printed matter for commercial and industrial production – Part 1: Measurement methods and reporting schema.
- [6] Kraushaar A., *PSD – Process Standard Digital*, Fogra Graphic Technology Research Association, 2016.
- [7] Rychter P., *Analiza błędów w druku natryskowym na tworzywach sztucznych i sposoby ich eliminacji*, praca dyplomowa magisterska wykonana w Instytucie Papiernictwa i Poligrafii Politechniki Łódzkiej, Łódź 2015, ss. 10, 13-18.
- [8] Problemlösungskatalog Inkjet, http://www.sihl.com/downloads/company/download/troubleshooting_guideinkjet_d.pdf (dostęp z dnia 10.08.2015).

INDEKS

A

Atrament

- barwinkowy 109, 110, 127, 157
- ceramiczny 139, 142
- elektroprowadzący 144
- hybrydowy 122
- lateksowy 116, 117
- olejowy 125
- o niskiej migracji 69, 76, 85, 93, 138
- pigmentowany 107, 108, 112, 113
- przewodzący 142, 165
- rozpuszczalnikowy 101, 104, 105, 107, 110, 122, 126, 127, 128, 129, 135, 170
- termosublimacyjny 104, 119
- termotopliwy 63, 64, 105, 124, 198
- utrwalany promieniowaniem UV 30, 60, 69, 78, 79, 85, 86, 92, 93, 122, 131
- wodny 55, 57, 60, 63, 68, 70, 71, 73, 79, 80, 108, 110, 112, 113, 121, 166, 191

B

Backlight/backlit 72, 117, 151, 172, 173, 174, 187

Baner 117, 151, 172, 173

Barwidła 104, 110, 118, 130, 141, 197

Barwniki 12, 101, 104, 105, 109, 112, 118, 127, 132, 135, 141

Billboard 72, 127, 151, 170, 172, 173, 174, 185

Blockout 173, 187

C

Citylight 72, 151, 170, 172, 174, 185

Cockling 205

Cyfrowe sposoby drukowania

- drukowanie natryskowe 8, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 26, 43, 44, 46, 52, 53, 55, 58, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 72, 75, 76, 80, 82, 90, 158, 159, 177, 191, 193, 198
- elektrofotografia 8, 168
- jonografia 8
- magnetografia 8
- termografia 8

D

Deflektor zaworowy 25

Dekoracje 151, 172, 175

Diody LED 136

Drukowanie natryskowe (ink-jet)

Dispaye sklepowe 7, 151, 172, 176

Drukowanie cyfrowe 13, 14, 16, 41, 80

Drukowanie klasyczne (analogowe) 7, 80

E

Elektrofotografia 8, 168

F

Flaga 117, 176

Flizelina 188, 196

Folia PVC kalandrowana 184, 185

Folia PC 193

Folia PET 158, 175, 184, 185, 193

Folia PP 184, 185

Folia samoprzylepna 175, 178, 179, 182

Folia PVC wylewana 177, 184, 185

Frontlight 172, 173

Frontlit 187

G

Głowica drukująca typu

- Memjet 40, 41, 80

- MEMS 16, 33, 35, 40, 70, 145

- Scanning Head 43, 44, 68, 79, 81

- SinglePass 43, 44, 45, 52, 65, 76, 78, 79, 80, 81

Głowica piezoelektryczna 30, 31, 33, 37, 58, 59, 86

Głowica termiczna 38, 39, 40

Grafiki

- okienne 151, 172, 177, 178

- podłogowe 151, 172, 178, 185

- samochodowe 151, 172, 178

J

Jonografia 8

K

Koalescencja 205

Krwawienie druku 204

Kształtki

- metalowe 15, 84

- z tworzyw sztucznych 82, 84, 94, 150

M

Magnetografia 10
 Maszyny do drukowania natryskowego 83
 Megaboardy 179
 Mesh 151, 172, 173, 176, 183, 187
 Mottling 199, 200, 201, 203

N

Nanografia 15, 61, 70, 107, 113, 114, 198
 NanoInk 61, 62, 107, 113

O

Objętość kropli 23, 46

P

Papiery autoryzowane 152
 Papiery dedykowane 152, 155, 164
 Papiery do drukowania cyfrowego 151, 159, 164, 191
 Papiery do drukowania natryskowego 152, 159, 191, 193
 Papiery do kopiowania 191
 Papiery do prac biurowych 191
 Papiery kserograficzne 190
 Papiery samokopiujące 165, 193
 Papiery zakwalifikowane 155
 Paskowanie 73, 202, 204
 Pigmenty 104, 105, 107, 108, 109, 127, 132, 139, 141
 Plandeki 151, 172, 180
 Podłoża
 – chłonne 150
 – kształtki 149, 151
 – niechłonne 150
 – płaskie 149, 151, 152, 159, 167
 – sztywne 167
 Podłoża do drukowania wielkoformatowego 152
 Podłoża w przemysłowym drukowaniu natryskowym 158
 Polimeryzacja kationowa 131, 134
 Polimeryzacja rodnikowa 132
 POS 62, 151, 172, 176, 181, 183
 Potykacze 151, 172, 181
 Produkty dmuchane 151, 172, 182

R

Rollup 172, 182, 185
Rozdzielczość 49
Rozlewanie się atramentu 203

S

Satelite (krople) 199, 205
Siatka mesh 173
Stabilizacja steryczna 108
Standy 75, 151, 172, 181, 183

Ś

Ścianki ekspozycyjne 151, 172, 183

T

Technika UV LE 137
Technologia MultiWave LED 138
Technologia natryskowa
– ciągłego strumienia 19, 21, 23, 25, 101
– Kodak Stream 23, 24, 59, 77
– piezoelektryczna 27, 101
– termiczna 37, 38
Tektura falista 83, 168, 188
Termografia
– bezpośrednia 12
– pośrednia 12
Termosublimacja 74
Termotransfer 12
Tkanina
– bawełniana 186
– poliestrowa (PET) 172, 176, 187
Tryb
– Greyscale 47, 49, 79
– nacisku 28
– ścinania 28, 29, 30
– ściskania 27, 28
– zginania 28

U

Urządzenie wielkoformatowe 77, 79

Z

Zespół drukujący 39, 61
Ziarnistość 199, 200

ISBN 978-83-7283-845-2